

# Einsatzmöglichkeiten des Bündelnagels

Auswertung und Ergebnisse einer Behandlungsserie  
von insgesamt 67 Fällen in der Orthopädischen  
Abteilung des Bezirkskrankenhauses Kutzenberg  
in den Jahren 1963 bis 1977

von  
Waltraud Keilhack  
aus  
Fürth

*Diss. Erlangen  
1984*

1984 № 300



Aus der Orthopädischen Abteilung  
des Bezirkskrankenhauses Kutzenberg  
Direktor: Dr. med. R. Pfeiffer  
und  
der Chirurgischen Klinik mit Poliklinik  
der Universität Erlangen-Nürnberg  
Direktor: Professor Dr. med. F. P. Gall

---

## Einsatzmöglichkeiten des Bündelnagels

Auswertung und Ergebnisse einer Behandlungsserie  
von insgesamt 67 Fällen in der Orthopädischen  
Abteilung des Bezirkskrankenhauses Kutzenberg  
in den Jahren 1963 bis 1977

INAUGURAL – DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde  
der Medizinischen Fakultät  
der Friedrich - Alexander - Universität  
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt  
von  
Waltraud Keilhack  
aus  
Fürth

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät  
der Universität Erlangen-Nürnberg

Dekan: Prof. Dr. F. Wolf  
Referent: Prof. Dr. H. Beck  
Korreferent: Prof. Dr. F.P. Gall

Tag der mündlichen Prüfung: 04.06.1984

# INHALTSVERZEICHNIS

|                                                               | Seite |
|---------------------------------------------------------------|-------|
| I. Einleitung                                                 | 1     |
| II. Themenabgrenzung und Definition                           | 1     |
| III. Allgemeine Kasuistik                                     | 2     |
| IV. Fallbeschreibungen nach Extremitätenbereichen<br>getrennt | 7     |
| A. Unterschenkel                                              | 7     |
| 1. Unfallentstehung                                           | 7     |
| 2. Bruchart und Lokalisation                                  | 8     |
| 3. Indikationsgrad                                            | 11    |
| 4. Präoperative Frakturstellung und<br>Dislokationsgrad       | 14    |
| 5. Nebenverletzungen                                          | 15    |
| 6. Vorbehandlung                                              | 16    |
| 7. Operationszeitpunkt                                        | 18    |
| 8. Operationsverlauf                                          | 18    |
| 9. Postoperative Frakturstellung und<br>Stabilität            | 22    |
| 10. Postoperativer Verlauf                                    | 24    |
| a. zusätzliche Fixation                                       | 24    |
| b. Infektionsprophylaxe                                       | 26    |
| c. medicomechanische Nachbehandlung                           | 27    |
| d. postoperative Komplikationen                               | 28    |
| 11. Dauer des Klinikaufenthaltes                              | 29    |
| 12. Befund bei Entlassung                                     | 30    |
| 13. Nägelentfernung                                           | 31    |
| B. Oberschenkel                                               | 32    |
| 1. Unfallentstehung                                           | 33    |
| 2. Bruchart und Lokalisation                                  | 33    |
| 3. Indikationsgrad                                            | 37    |
| 4. Präoperative Frakturstellung und<br>Dislokationsgrad       | 39    |
| 5. Nebenverletzungen                                          | 40    |
| 6. Vorbehandlung                                              | 40    |

|                                                      |        |
|------------------------------------------------------|--------|
| 7. Operationszeitpunkt                               | 43     |
| 8. Operationsverlauf                                 | 44     |
| 9. Postoperative Frakturstellung und Stabilität      | 47     |
| 10. Postoperativer Verlauf                           | 49     |
| a. zusätzliche Fixation                              | 49     |
| b. Infektionsprophylaxe                              | 51     |
| c. medicomechanische Nachbehandlung                  | 51     |
| d. postoperative Komplikationen                      | 52     |
| 11. Dauer des Klinikaufenthaltes                     | 53     |
| 12. Befund bei Entlassung                            | 53     |
| 13. Nägelentfernung                                  | 54     |
| <br>C. Oberarm                                       | <br>55 |
| 1. Unfallentstehung                                  | 55     |
| 2. Bruchart und Lokalisation                         | 56     |
| 3. Indikationsgrad                                   | 58     |
| 4. Präoperative Frakturstellung und Dislokationsgrad | 59     |
| 5. Nebenverletzungen                                 | 61     |
| 6. Vorbehandlung                                     | 61     |
| 7. Operationszeitpunkt                               | 62     |
| 8. Operationsverlauf                                 | 63     |
| 9. Postoperative Frakturstellung und Stabilität      | 65     |
| 10. Postoperativer Verlauf                           | 67     |
| a. zusätzliche Fixation                              | 67     |
| b. Infektionsprophylaxe                              | 68     |
| c. medicomechanische Nachbehandlung                  | 69     |
| d. postoperative Komplikationen                      | 69     |
| 11. Dauer des Klinikaufenthaltes                     | 71     |
| 12. Befund bei Entlassung                            | 71     |
| 13. Nägelentfernung                                  | 72     |
| <br>D. Unterarm                                      | <br>74 |
| 1. Unfallentstehung                                  | 75     |
| 2. Bruchart und Lokalisation                         | 75     |
| 3. Indikationsgrad                                   | 77     |

|                                                      |        |
|------------------------------------------------------|--------|
| 4. Präoperative Frakturstellung und Dislokationsgrad | 77     |
| 5. Nebenverletzungen                                 | 79     |
| 6. Vorbehandlung                                     | 79     |
| 7. Operationszeitpunkt                               | 80     |
| 8. Operationsverlauf                                 | 80     |
| 9. Postoperative Frakturstellung und Stabilität      | 82     |
| 10. Postoperativer Verlauf                           | 82     |
| a. zusätzliche Fixation                              | 82     |
| b. Infektionsprophylaxe                              | 82     |
| c. medicomechanische Nachbehandlung                  | 83     |
| d. postoperative Komplikationen                      | 83     |
| 11. Dauer des Klinikaufenthaltes                     | 83     |
| 12. Befund bei Entlassung                            | 83     |
| 13. Nägelentfernung                                  | 84     |
| <br>V. Zusammenfassung und Beurteilung               | <br>85 |
| <br>VI. Literaturverzeichnis                         | <br>90 |

Lebenslauf



Digitized by the Internet Archive  
in 2026

## I. EINLEITUNG

Die Bündelnagelung hat sich seit ihrer Einführung durch Hackethal in der Chirurgischen Universitätsklinik Erlangen im Jahre 1959 einen festen Platz in der osteosynthetischen Versorgung von Frakturen der unteren und oberen Extremitäten erworben. Ihre typische Technik wird jedoch in Deutschland nur in relativ wenigen Kliniken ausgeübt. Trotzdem bietet die Bündelnagelung bei vielen Frakturarten insbesondere auch durch die geschlossene Form der Reposition eine schonende und technisch einfache Möglichkeit zur Osteosynthese.

## II. THEMENABGRENZUNG UND DEFINITIONEN

Seit dem 28. 11. 1963 wurden in der orthopädischen Abteilung des Bezirkskrankenhauses Kutzenberg Bündelnagelungen vorgenommen. Dabei wurde die Bündelnagelung in typischer Technik mit vollapparativer Reposition hauptsächlich bei frischen Frakturen ausgeführt, vereinzelt erfolgte jedoch auch die Markraumstabilisierung mit Bündelnägeln bei speziell orthopädischen Indikationen, wie zum Beispiel bei Umstellungsosteotomien. Zur Auswertung in dieser Arbeit gelangten jedoch auch Einzelfälle, bei denen der Markraum mit einzelnen Bündelnägeln nur stabilisiert, bzw. gesichert wurde. Dieser atypische Einsatz des Bündelnagels kam jedoch ausschließlich bei Verletzungen im Unterarm-Bereich zur Anwendung.

### III. Allgemeine Kasuistik

In dem Zeitraum vom 28. 11. 1963 bis zum 30. 6. 1977 wurden in Kutzenberg 65 Knochen der Extremitäten durch eine Bündelnagelung stabilisiert, bei zwei Fällen wurden nur die bereits auswärtig eingebrachten Bündelnägel entfernt, so daß die Ergebnisse von insgesamt 67 bündelgenagelten Knochen ausgewertet werden konnten. Die Patientenzahl bei den in Kutzenberg durchgeführten Bündelnagelungen betrug jedoch nur 64, da bei einem Patienten der Ober- und Unterschenkel bündelgenagelt wurde. Die Verteilung der Fallzahlen auf die verschiedenen Extremitätenanteile geht aus Tabelle 1 hervor, wobei zu beachten ist, daß eine Unterarmfraktur und eine Unterschenkelfraktur auswärtig stabilisiert wurden.

| Extremitätenabschnitt | Zahl der Bündelnagelungen               |
|-----------------------|-----------------------------------------|
| Unterschenkel         | 40 (1 nicht in Kutzenberg durchgeführt) |
| Oberschenkel          | 15                                      |
| Oberarm               | 6                                       |
| Unterarm              | 6 (1 nicht in Kutzenberg durchgeführt)  |
| Gesamt                | 67                                      |

Tabelle 1 - Verteilung der Bündelnagelungen auf die verschiedenen Extremitätenabschnitte

Bei insgesamt 57 Bündelnagelungen wurden die Metallimplantate zwischenzeitlich wieder entfernt, die 10 verbliebenen Patienten haben zum Teil die Nägel nicht in Kutzenberg entfernen lassen, zum Teil handelt es sich dabei um Frakturen aus dem Jahre 1977, bei denen die Metallentfernung noch nicht bis zum Abschluß der Auswertung durchgeführt wurde. Die Aufschlüsselung der Bündelnagelentfernungen nach Gliedmaßenabschnitt ist aus Tabelle 2 ersichtlich.

| Extremitätenabschnitt | Anzahl der Bündelnagelentfernungen |
|-----------------------|------------------------------------|
| Unterschenkel         | 31                                 |
| Oberschenkel          | 14                                 |
| Oberarm               | 6                                  |
| Unterarm              | 6                                  |
|                       | <hr/>                              |
|                       | 57                                 |

Tabelle 2 - Verteilung der Bündelnagelentfernungen auf die entsprechenden Extremitätenabschnitte

Bei den 66 Patienten handelte es sich um 47 Männer und um 19 Frauen. Die Tabelle 3 zeigt die genaue Geschlechtsverteilung, wobei zu berücksichtigen ist, daß bei einem männlichen Patienten der Ober- und Unterschenkel stabilisiert wurde.

| Extremitätenabschnitt | männlich | weiblich |
|-----------------------|----------|----------|
| Unterschenkel         | 30       | 10       |
| Oberschenkel          | 10       | 5        |
| Oberarm               | 4        | 2        |
| Unterarm              | 4        | 2        |
|                       | <hr/>    | <hr/>    |
|                       | 48       | 19       |

= 67 Bündelnagelungen bei 66 Patienten.

Tabelle 3 - Geschlechtsverteilung



Das Alter der Patienten betrug zwischen 7 und 79 Jahre (Durchschnittsalter 24,8 Jahre). Die Altersverteilung geht aus Tabelle 4 hervor.

| Alter              | Oberschenkel | Unterschenkel | Oberarm | Unterarm | Gesamt |
|--------------------|--------------|---------------|---------|----------|--------|
| 1-10 Jahre         | 5            | 2             |         | 1        | 8      |
| 11-20 Jahre        | 6            | 14            |         | 2        | 22     |
| 21-30 Jahre        | 3            | 12            | 2       | 1        | 18     |
| 31-40 Jahre        |              | 4             | 4       | 2        | 10     |
| 41-50 Jahre        |              | 4             |         |          | 4      |
| 51-60 Jahre        | 1            | 2             |         |          | 3      |
| 61-70 Jahre        |              | 1             |         |          | 1      |
| 71-80 Jahre        |              | 1             |         |          | 1      |
|                    |              |               |         |          | 67     |
| Durchschnittsalter | 18,3         | 28,4          | 33      | 19,7     |        |

(Gesamtdurchschnitt 24,8)

Tabelle 4 - Altersverteilung im Bezug auf genagelte Gliedmaßenabschnitte

Der Grund zur Durchführung der Bündelnagelung war in 65 Fällen ein Unfall mit Knochenbruch, in 2 Fällen handelte es sich um Umstellungsosteotomien. Bei den Unfällen handelte es sich in 32 Fällen (49,3 Prozent) um Verkehrsunfälle, bei 19 Fällen (29,2 Prozent) um Sportunfälle, bei 9 Fällen (13,8 Prozent) um häusliche Unfälle bzw. Stürze als Fußgänger und bei 5 Fällen (7,7 Prozent) um Arbeitsunfälle. Eine genaue Übersicht gibt nochmals Tabelle 5.

| Unfallart                | Unterschenkel | Oberschenkel | Unterarm | Oberarm | Gesamt        |
|--------------------------|---------------|--------------|----------|---------|---------------|
| Verkehr                  | 17            | 9 (10*)      | 3        | 3       | 32 (33)       |
| Sport                    | 16            | 1            | 1        | 1       | 19            |
| Häuslicher<br>und Stürze | 5             | 2            | 1        | 1       | 9             |
| Arbeit                   | 2             | 1            | 1        | 1       | 5             |
|                          |               |              |          |         | <hr/> 65 (66) |

\* 1 Fall Verkürzungsosteotomie  
der gesunden Seite nach Verkehrs-  
unfall mit Fraktur der anderen Seite.

Tabelle 5 - Verteilung der Unfallart im Vergleich zu den betroffenen  
Gliedermaßenabschnitten

Die berufliche Tätigkeit der operierten Patienten verteilte sich  
prozentual folgendermaßen:

32,8 Prozent der Patienten waren Handarbeiter,  
28,3 Prozent waren Studenten und Schüler,  
20,9 Prozent Angestellte und Beamte,  
10,4 Prozent Hausfrauen,  
6,0 Prozent Landwirte  
1,6 Prozent Rentner.

Die Aufgliederung der Fallzahlen im Hinblick auf den Beruf gehen aus  
Tabelle 6 hervor.

|                    | Unterschenkel | Oberschenkel | Unterarm | Oberarm | Gesamt |
|--------------------|---------------|--------------|----------|---------|--------|
| Handarbeiter       | 14            | 3            | 1        | 4       | 22     |
| Studenten/Schüler  | 7             | 9            | 3        | -       | 19     |
| Angestellte/Beamte | 11            | 1            | 1        | 1       | 14     |
| Hausfrauen         | 4             | 1            | 1        | 1       | 7      |
| Landwirte          | 3             | 1            | -        | -       | 4      |
| Rentner            | 1             | -            | -        | -       | 1      |

Tabelle 6 - Aufteilung der Patientenberufe

Bei dieser Tabelle ist zu berücksichtigen, daß bei einem Patienten (männlich) der Ober- und gleichzeitig der Unterschenkel bündelgenagelt wurde.

Bei den 67 bündelgenagelten Knochen handelte es sich 33 mal um eine rechte Extremität, 34 mal um eine linke Extremität.

Bei den durch einen Unfall geschädigten 65 Extremitäten handelte es sich in 56 Fällen (86,1 Prozent) um eine geschlossene Fraktur, in 9 Fällen (13,9 Prozent) war eine offene Fraktur gegeben. Die genaue Aufteilung der offenen und geschlossenen Brüche auf die Gliedmaßenabschnitte geht aus Tabelle 7 hervor.

| Bruchart    | Unterschenkel | Oberschenkel | Unterarm | Oberarm |
|-------------|---------------|--------------|----------|---------|
| offen       | 8             | 1            | -        | -       |
| geschlossen | 32            | 12           | 6        | 6       |

Tabelle 7 - Verteilung der komplizierten und unkomplizierten Frakturen auf die entsprechenden Gliedmaßenabschnitte

Die Indikation zur operativen Versorgung ergab sich aus folgenden Gründen: In 53 Fällen (79,1 Prozent) bestanden frische Frakturen, in 1 Fall (1,5 Prozent) war eine Refraktur vorhanden, bei 8 Patienten (11,9 Prozent) bestanden Pseudarthrosen und in 5 Fällen (7,5 Prozent) war die Indikation zur Operation wegen Deformitäten nach alten Frakturen, wegen relativer Verkürzung und wegen eines pathologischen Schenkelhalswinkels gegeben. Die Aufschlüsselung der verschiedenen Gliedmaßenschäden geht aus Tabelle 8 hervor.

| Gliedmaßenschäden | Oberschenkel | Unterschenkel | Oberarm | Unterarm |
|-------------------|--------------|---------------|---------|----------|
| Frische Frakturen | 9            | 34            | 5       | 5        |
| Refrakturen       | -            | 1             | -       | -        |
| Pseudarthrosen    | 1            | 5             | 1       | 1        |
| Osteotomien       | 5            | -             | -       | -        |

Tabelle 8 - Verteilung der Extremitätenschädigungen auf die einzelnen Gliedmaßenabschnitte

#### IV. FALLBESCHREIBUNGEN NACH EXTREMITATENBEREICHEN GETRENNT

##### A. Unterschenkel

Die allgemeinen Daten der Verletzten wie Geschlecht, Alter, Unfallart und Beruf wurden bereits in Abschnitt III aufgeschlüsselt.

##### 1. Unfallentstehung

Eine genauere Erforschung der Tätigkeit zum Unfallzeitpunkt zeigt die folgende Tabelle 9.

| Tätigkeit der Verletzten<br>zum Unfallzeitpunkt | Zahl der<br>Unterschenkelbrüche |
|-------------------------------------------------|---------------------------------|
| Mopedfahrer                                     | 8                               |
| Autofahrer                                      | 4                               |
| Fußgänger vom Auto erfaßt                       | 5                               |
| Fußballspieler                                  | 9                               |
| Skifahrer                                       | 5                               |
| Treppensturz                                    | 5                               |
| Judokämpfer                                     | 1                               |
| Schlittschuhläufer                              | 1                               |
| Arbeitsunfälle                                  | 2                               |
|                                                 | <hr/>                           |
| Gesamt                                          | 40                              |

Tabelle 9 - Genaue Aufschlüsselung der Tätigkeit der Verletzten  
zum Unfallzeitpunkt

Bei den beiden Arbeitsunfällen handelte es sich das eine Mal um einen Arbeiter, der beim Abladen von Holzstämmen von einem herabfallenden Holzstück am Bein getroffen wurde, dem anderen Verletzten schlug beim Absägen eines Baumes der Stamm auf die untere Extremität.

## 2. Bruchart und Lokalisation

Bei den 40 Unterschenkelfrakturen handelte es sich bei 35 Fällen um komplette Unterschenkelbrüche, bei 5 Verletzten waren isolierte Tibiafrakturen ohne Verletzungen der Fibula gegeben.

Der Unterschenkelbruch war bei 8 Verletzten offen (20 Prozent), in 32 Fällen (80 Prozent) war die Fraktur geschlossen.

Die Mehrzahl der Brüche waren frische Frakturen (34 Fälle - entspricht 85 Prozent), in einem Fall (2,5 Prozent) handelte es sich um eine Refraktur des linken Unterschenkels im ehemaligen Bruchbereich. Dieser Patient hatte bereits 2 Jahre vorher einen Sportunfall mit einer Unterschenkelfraktur erlitten, die damals mit einem Küntscher-Nagel versorgt wurde, wobei es im weiteren Verlauf zu einer Osteomyelitis kam, die jedoch nach Entfernung des Küntscher-Nagels abklang. Bei 5 Patienten (12,5 Prozent) handelte es sich um eine Pseudarthrose. Zwei dieser Fälle entstanden durch Skiunfälle, die anderen 3 Pseudarthrosen entstanden durch Verkehrsunfälle, es handelte sich dabei zweimal um Fußgänger, die von einem PKW angefahren wurden, im dritten Fall verunglückte ein Mopedfahrer. Dieser erlitt auch gleichzeitig einen offenen Oberschenkelbruch, der ebenfalls pseudarthrotisch verheilte.

Die Frakturen verliefen im Bereich des Tibiaschaftes folgendermaßen:

- a) Einspaltbrüche: Insgesamt 31 (77,5 Prozent)
  - davon 16 Querbrüche (40 Prozent)
  - 14 kurze Schrägbrüche (35 Prozent)
  - 1 langer Schrägbruch (2,5 Prozent)
- b) Zweispaltbrüche: Insgesamt 7 (17,5 Prozent)
  - davon 4 mit kleinem Bieungskeil (10 Prozent)
  - 1 mit mittelgroßem Bieungskeil (2,5 Prozent)
  - 2 mit großem Bieungskeil bzw. Stückbruch (5 Prozent)
- c) Trümmerbrüche: Insgesamt 2 (5 Prozent)

Bei der Refraktur handelte es sich um einen Einspalt-Querbruch im 3. Sechstel, die Lokalisation und die Bruchart der behandelten 5 Unterschenkel-Pseudarthrosen geht aus der Tabelle 10 hervor.

| Fall-Nummer | kompliziert | Bruchart             | Lokalisation<br>in Sechstel des Knochens<br>unterteilt |
|-------------|-------------|----------------------|--------------------------------------------------------|
| 36          | offen       | Trümmerfraktur       | 3/6                                                    |
| 37          | -           | Querer Einspaltbruch | 5/6                                                    |
| 38          | -           | Querer Einspaltbruch | 5/6                                                    |
| 39          | offen       | Zweispaltstückbruch  | 2/6 - 3/6                                              |
| 40          | -           | Trümmerfraktur       | 2/6 - 3/6                                              |

Tabelle 10 - Aufteilung der Pseudarthrosen nach ursprünglicher Frakturkomplikation, Bruchart und Lokalisation

Um die Frakturen auch in Bezug auf die Indikationsstellung genau lokalisieren zu können, wurde der Unterschenkel wie bei der Beurteilung dieser Brüche üblich, in Sechstel eingeteilt. Die Verteilung der verschiedenen Brucharten auf die entsprechenden Unterschenkelanteile geht aus Tabelle 11 hervor.

| Lokalisation | Einspaltbrüche | Zweispaltbrüche | Trümmerfrakturen |
|--------------|----------------|-----------------|------------------|
| 2/6 - 3/6    | -              | 1               | 1                |
| 3/6          | 11             | 1               | 1                |
| 4/6          | 14             | 4               | -                |
| 4/6 - 5/6    | 1              | -               | -                |
| 5/6          | 5              | 1               | -                |
| Gesamt       | 31             | 7               | 2                |

Tabelle 11 - Verteilung der Bruchart auf die entsprechenden Tibiaabschnitte

Die Abbildung I zeigt nochmals übersichtlich die Aufteilung der verschiedenen Frakturen auf den Tibiaschaft, der in Sechstel unterteilt wurde.

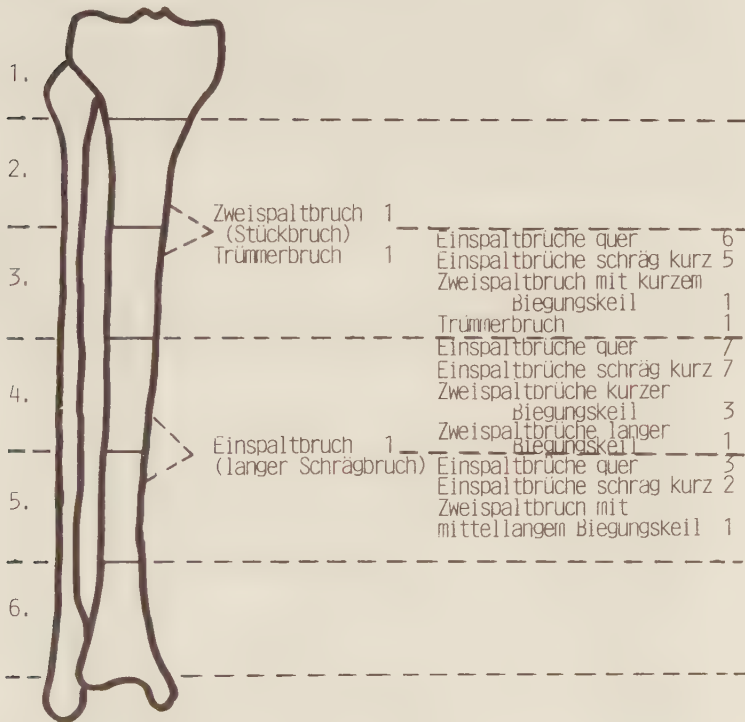


Abb. I - Lokalisation der Frakturarten

### 3. Indikationsgrad

Bei der absteigenden Bündelnagelung des Unterschenkels ist mit einem bestimmten Wahrscheinlichkeitsgrad mit einer stabilen, formgerechten Markraumschienung zu rechnen. Dieser Wahrscheinlichkeitsgrad wird in der Literatur durch 5 Indikationsgrade 0 bis IV angegeben, wobei I mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit eine stabile Nagelung

bedeutet (größer als 90 Prozent), II eine überwiegend wahrscheinliche (größer als 80 Prozent), III eine wahrscheinliche (größer als 60 Prozent), IV eine mögliche Stabilität (um 50 Prozent) und der Grad 0 eine stabile Versorgung unwahrscheinlich erscheinen läßt. Die Abbildung II zeigt die entsprechenden Indikationsgrade der Bündelnagelung bei Einspalt- bzw. Zweispaltbrüchen nach Lage der Bruchzone, bezogen auf die metrische Einteilung des Knochens in Sechstel. Dies gilt nur für die absteigende Bündelnagelung, bei Ausdehnung der Bruchzone über mehrere Sechstel gilt der Indikationsgrad des für die Verankerung ungünstigsten Sechstelfeldes.

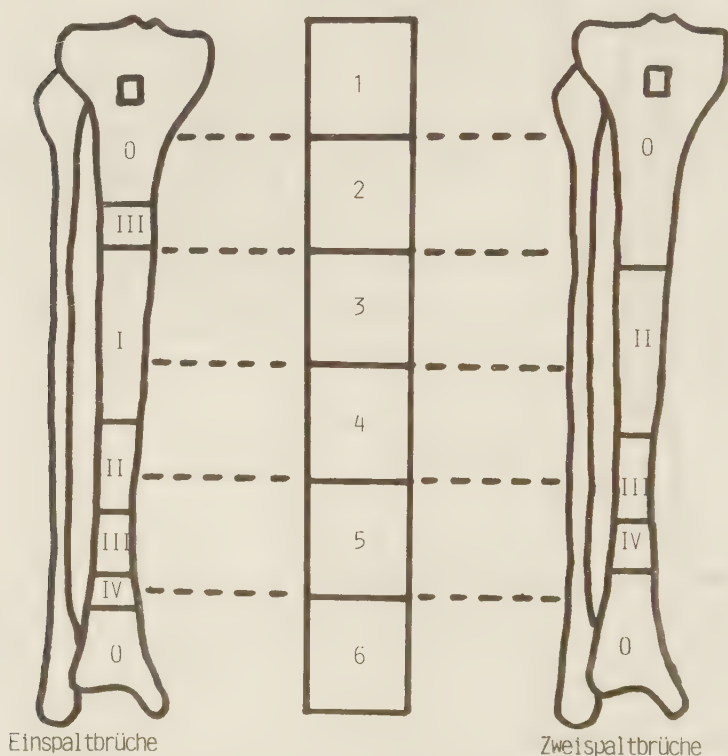


Abb. II - Indikationsgrad der absteigenden Unterschenkelbündelnagelung bei Ein- und Zweispaltbrüchen.

Die Frakturlokalisation wurde an Hand der präoperativen Röntgenbilder nicht nur in Bezug auf die Tibiaaufteilung in Sechstel, sondern auch in Bezug auf die Lokalisation der Indikationsgrade genau aufgegliedert. Die genauen Verhältnisse zeigt die Tabelle 12.

| Indikationsgrad | Einspaltbrüche | Zweispaltbrüche | Trümmerbrüche |
|-----------------|----------------|-----------------|---------------|
| I               | 18             | -               | -             |
| II              | 9              | 3               | -             |
| III             | 3              | 2               | 1             |
| IV              | 1              | 1               | -             |
| 0               | -              | 1               | 1             |

Tabelle 12 - Verteilung der Brucharten auf die einzelnen Indikationsgrade

Bei den beiden Patienten (Fall 39 und 40), deren Frakturen trotz Indikationsgrad 0 mit einer Bündelnagelung versorgt wurden, handelte es sich in beiden Fällen um eine Pseudarthrose, einmal als Folge eines Zweispaltstückbruches, im anderen Fall als Folge eines Trümmerbruches im proximalen Tibiabereich. Es wurde hier bewußt auf eine Stabilität verzichtet, es wurde lediglich eine Markraumbolzung oder Markraumschienung angestrebt.

Insgesamt wurden im Unterschenkelbereich 18 Frakturen (45 Prozent) mit dem Indikationsgrad I durch eine Bündelnagelung versorgt, 12 Brüche (30 Prozent) mit dem Indikationsgrad II, 6 Brüche (15 Prozent) mit dem Indikationsgrad III, 2 Brüche (5 Prozent) mit dem Indikationsgrad IV und nochmals 2 Mehrspaltbrüche (5 Prozent) mit dem Indikationsgrad 0.

#### 4. Präoperative Frakturstellung und Dislokationsgrad

Bei der Beurteilung der präoperativen Frakturstellung und Dislokation wurden nur die 35 frischen Frakturen ausgewertet, die Pseudarthrosen sind nicht in der Tabelle enthalten. An Hand der präoperativen Röntgenbilder wurden die Winkelfehlstellungen des proximalen und distalen Frakturendes auf der a.p.-Aufnahme und der seitlichen Aufnahme sowie die vorhandenen Verkürzungen der Frakturen ausgemessen. Bei den Zweispaltbrüchen wurde der Biegungskeil nicht berücksichtigt, es wurden die Stellungen des proximalen und distalen Fragmentes ausgewertet. Die nachstehende Tabelle 13 zeigt eine Übersicht über die entsprechenden Verschiebungen, wobei von 5 Grad Unterschieden ausgegangen wurde.

| dislocatio                         | 0°       | bis 5°   | bis 10°  | bis 15° | bis 20° |
|------------------------------------|----------|----------|----------|---------|---------|
| varus                              | 26(74,3) | 2( 5,7)  | 5(14,2)  | 1( 2,9) | 1(2,9)  |
| ad valgus                          | 13(37,1) | 6(17,1)  | 10(28,6) | 4(11,5) | 2(5,7)  |
| axim antecurv.                     | 25(71,4) | 4(11,5)  | 6(17,1)  | -       | -       |
| recurv.                            | 26(74,3) | 2( 5,7)  | 4(11,5)  | 3( 8,5) | -       |
| ad peripheram<br>(Rotationsfehler) | 15(42,8) | 10(28,6) | 9(25,7)  | 1( 2,9) | -       |

Tabelle 13 - Präoperative Winkelabknickungen der Fragmente in Grad.  
Die Zahlen in ( ) drücken die Häufigkeit in Prozent der 35 frischen Frakturen aus.

Die seitliche Verschiebung (dislocatio ad latus) wurde in Versetzungen um Schaftbreite, halbe Schaftbreite und Corticalisbreite angegeben. Die Tabelle 14 zeigt die Verteilung der präoperativen Verschiebungen bei den 35 frischen Frakturen.

| dislocatio | 0       | CB      | HSchB    | SchB    |
|------------|---------|---------|----------|---------|
| ad latus   | 9(25,7) | 5(14,3) | 12(34,3) | 9(25,7) |

Tabelle 14 - Präoperative seitliche Verschiebung angegeben in

0 = keine Verschiebung

CB = Verschiebung um Corticalisbreite

HSchB = Versetzung um halbe Schaftbreite

SchB = Versetzung um Schaftbreite und darüber

Bei vorhandenen Längenverschiebungen, wobei immer eine Dislocatio ad longitudinem cum contractione bestand, wurde der Abstand der Frakturenden voneinander gemessen und in 5 Millimeter-Abständen angegeben. Die vorhandenen Verkürzungen bei den 35 frischen Unterschenkelfrakturen zeigt die Tabelle 15.

| dislocatio       |          |        |         |        |           |
|------------------|----------|--------|---------|--------|-----------|
| ad longitudinem  | 0        | bis 5  | bis 10  | bis 15 | bis 20 mm |
| cum contractione | 25(71,4) | 3(8,5) | 6(17,2) | 1(2,9) | -         |

Tabelle 15 - Präoperative Verkürzung der Unterschenkelfrakturen angegeben in Millimeter.

## 5. Nebenverletzungen

In 13 Fällen (32,5 Prozent) waren außer der Unterschenkelfraktur Nebenverletzungen vorhanden. Bei 4 Patienten waren es nur leichte Verletzungen; 5 hatten zusätzliche Knochenfrakturen (Fall Nr. 8: Luxationsfraktur des linken Ellenbogens, Fall Nr. 20: Claviculafraktur links, Oberarmfraktur links, Trümmerfraktur im Bereich der linken Fußwurzel, Fall 32: Zusätzlich am gleichen Unterschenkel großes Volkmann'sches Dreieck mit geringer Dislokation, Fall 36: Oberschenkelfraktur links, Fall 39: Außenknöchelfraktur am gleichen

Unterschenkel), 2-mal lagen am gleichen Bein, auch im Bereich des Unterschenkels ausgedehnte Weichteilverletzungen vor, 4-mal bestanden Schädel-Hirn-Verletzungen. Zusätzliche innere Verletzungen bestanden nicht, auch primäre Nervenschädigungen waren nicht vorhanden. Bei Fall 4 (Refraktur) handelte es sich um eine abgeheilte Osteomyelitis nach Küntscher-Nagelung des gleichen Unterschenkels, die nach Entfernung des Küntscher-Nagels 2 Jahre vor der Bündelnagelung abgeklungen war.

## 6. Vorbehandlung

Von den 39 in Kutzenberg bündelgenagelten Fällen wurden 11 vorher auswärts behandelt, wobei folgende Behandlungsmethoden angegeben waren: In 11 Fällen war ein Gipsverband angelegt worden, wobei einmal zusätzlich eine Drahtextension lag. In einem anderen Fall wurde im Ausland zusätzlich zur Gipsfixation eine perkutane Kirschner-Drahtfixierung durchgeführt. Sonstige operative Versorgung der Unterschenkelfrakturen wurden vor der Bündelnagelung in Kutzenberg nicht durchgeführt.

Bei den Patienten, die direkt nach dem Unfallereignis in die orthopädische Abteilung des Bezirkskrankenhauses Kutzenberg kamen, wurden 3 zunächst mit Gipsverband versorgt. In einem Fall, bei dem eine Unterschenkelfraktur ohne wesentliche Dislokation vorlag, wurde zunächst ein Oberschenkellegegips angelegt, der Patient trat jedoch mit liegendem Gipsverband auf, es kam zu einer Verschiebung der Fraktur, so daß der Entschluß zur Bündelnagelung gefaßt wurde (Fall Nr. 5). Beim 2. Patienten mit präoperativem Gipsverband wurde zunächst eine Reposition der Fraktur durchgeführt, anschließend gegipst, die weiterhin bestehende Dislokation machte jedoch ebenfalls eine Nagelung erforderlich (Fall Nr. 32). Beim 3. Patienten handelte es sich um offene Frakturen des Ober- und Unterschenkels, wobei auswärts Calcaneus- und Tibiakopf-Drahtextensionen gelegt wurden. In Kutzenberg wurde dann ca. 3 Wochen nach dem Unfall ein Beckengips

mit entsprechenden Fensterungen angelegt. Wegen Pseudarthrosen im Bereich des Ober- und Unterschenkels und instabilen Knochenverhältnissen wurde dann doch eine Bündelnagelung sowohl im Bereich des Ober- als auch des Unterschenkels bei reizlosen Weichteilverhältnissen durchgeführt (Fall Nr. 36).

Bei 11 Patienten wurde eine präoperative Extensionsbehandlung zur Verbesserung der meist vorhandenen Verkürzung durchgeführt, wobei 8-mal eine Calcaneus-Drahtextension angelegt wurde, 3-mal erfolgte eine Gamaschen-Extension. Die Extensionsgewichte betrugen zwischen 3 und 8 Kilogramm. Bei 14 Unterschenkelfrakturen erfolgte keine entsprechende Vorbehandlung. Das verletzte Bein wurde lediglich auf einer Schiene bis zur Operation ruhiggestellt. 1 Patient wurde in der Universitätsklinik Erlangen bündeligenagelt (Fall Nr. 3), hier war die Vorbehandlung in den Krankenblattunterlagen nicht angegeben.

Einen Überblick gibt nochmals die Tabelle 16.

|                          | Vorbehandlung |               |
|--------------------------|---------------|---------------|
|                          | auswärtig     | in Kutzenberg |
| Gips                     | 9             | 3             |
| Gips + Drahtextension    | 1             | -             |
| Gips + percutane         |               |               |
| Kirschnerdrahtversorgung | 1             | -             |
| Drahtextension           | -             | 8             |
| Gamaschenextension       | -             | 3             |
| Keine (Schiene Lagerung) | -             | 14            |

Tabelle 16 - Verteilung der durchgeführten Vorbehandlungsarten

## 7. Operationszeitpunkt

Von den 39 in Kutzenberg bündelgenagelten Unterschenkelfrakturen gelangten 20 Patienten (51 Prozent) in der ersten Woche nach dem Unfall zur operativen Versorgung, 5 Patienten (13 Prozent) in der 2. Woche, 4 Patienten (10 Prozent) in der 3. Woche und 10 Patienten (26 Prozent) in der 4. Woche und später. Bei den letztgenannten 10 Fällen sind auch die mit Bündelnagelung versorgten Pseudarthrosen beinhaltet. Diese 5 Pseudarthrosen wurden nach 6 Monaten, nach 7 Monaten, 2-mal nach 7 1/2 Monaten und nach 15 Monaten vom Unfallzeitpunkt an bündelgenagelt.

Eine graphische Darstellung der genagelten Fälle in Abhängigkeit vom Operationszeitpunkt gibt Abbildung III.

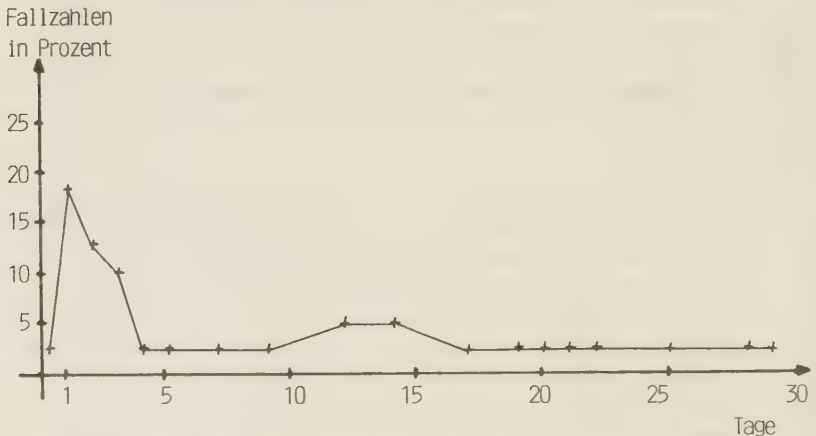


Abb. III - Graphische Darstellung der Fallzahlen im Verhältnis zum Operationszeitpunkt

## 8. Operationsverlauf

Die Operationstechnik erfolgte in der Regel in der von Hackethal vorgeschlagenen und 1961 in seiner Monographie beschriebenen Art und Weise: In der ersten unsterilen Phase wurden die Frakturen mit Hilfe des Viermastkrans unter röntgenologischer Bildwandlerkontrolle reponiert und fixiert.

In der 2. sterilen Phase wurde nach entsprechender Abdeckung medial der Tuberositas tibiae unter Schonung der Patellarsehne ein rechteckiges Knochenfenster aufgemeißelt. Die an den Enden vorgeschränkten Nägel wurden mit der Führungszange unter Sichtkontrolle und Drehung in die gewünschte Position gebracht, anschließend unter Fernseh-Bildwandlerkontrolle über die Fraktur gesteuert und in der Spongiosa verteilt. Der konvergierende Trichter wurde zusätzlich mit 1 bis 2 Verkeilungsnägeln aufgefüllt. Die aus dem Knochenfenster vorstehenden Nagelenden wurden 2 - 4 Millimeter über der Corticalis abgeschnitten. Nach nochmaliger Bildwandlerkontrolle wurde die Wunde ohne Saugdrainage verschlossen. Postoperativ wurde das gesamte Bein elastisch gewickelt und auf Braun'scher Schiene gelagert, gleichzeitig postoperativ eine Röntgenkontrolle in 2 Ebenen angefertigt.

Von den 40 behandelten Unterschenkelfrakturen war eine bereits auswärtig bündelgenagelt worden, bei 34 Unterschenkelbrüchen erfolgte die Reposition vollapparativ mit dem Viermastkran unter Bildwandlerkontrolle. Dabei gelang die Reposition bei einem Patienten in der ersten Phase nicht, die Fraktur stellte sich erst während der Bündelgenagelung befriedigend ein (Fall Nr. 8). Bei einem anderen Unterschenkelbruch (Fall Nr. 11) wurde primär auf die Reposition mit dem Viermastkran verzichtet, die Frakturenden wurden während der Bündelgenagelung manuell reponiert und eingestellt. Weitere 2 Unterschenkel-pseudarthrosen (Fall Nr. 36 und Fall Nr. 39) wurden blutig reponiert und auch offen genagelt, wobei im ersten Fall eine gleichzeitige Teilresektion des Wadenbeines sowie eine Anfrischung der abgedeckelten Pseudarthroseflächen durchgeführt und von vornherein auf einen Repositionsversuch mit dem Viermastkran verzichtet wurde, im anderen Fall gelang die vollapparative Reposition nicht, so daß ebenfalls die Pseudarthrose freigelegt wurde und die Bündelnägel unter Sicht eingebracht werden mußten.

Bei 2 Patienten war eine präoperative Reposition nicht erforderlich, da die Frakturstellung gut war.

Einen Überblick über die erfolgten Repositionsarten gibt nochmals die Tabelle 17.

| Repositionsart                   | Fallzahl |                            |
|----------------------------------|----------|----------------------------|
| vollapparativ (mit Viermastkran) | 34       | (1 Patient wurde auswärtig |
| manuell                          | 1        | genagelt)                  |
| blutig (offen)                   | 2        |                            |
| keine Reposition                 | 2        |                            |

Tabelle 17 - Verteilung der Repositionsarten

Im Durchschnitt wurden pro Fall 6,8 Bündelnägel (die Einzelzahl lag zwischen 2 und 12 Stück) einschließlich der Verkeilungsnägel verwendet. Die Zahl der Verkeilungsnägel betrug maximal 2 Stück. Die genaue Verteilung der Bündelnägel-Anzahl auf die einzelnen Fälle zeigt Tabelle 18.

|                        |   |   |   |   |   |    |   |   |    |    |    |
|------------------------|---|---|---|---|---|----|---|---|----|----|----|
| Anzahl der Bündelnägel | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7  | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Fallzahlen             | 1 | 3 | 2 | 4 | 6 | 12 | 2 | 7 | 1  | 1  | 1  |

Tabelle 18 - Anzahl der verwendeten Bündelnägel im Vergleich zu den Fallzahlen

Bei dem Fall mit nur 2 eingebrachten Bündelnägeln (Fall Nr. 11) handelte es sich um eine 9-jährige Schülerin mit einer Querfraktur des Unterschenkels in Schaftmitte. Hier wurde die Reposition manuell durchgeführt und die Markhöhle mit 2 Bündelnägeln gesichert (laut Operations-Bericht war die Markhöhle angeblich damit ausgefüllt). Bei den Fällen mit 3 Bündelnägeln handelte

es sich einmal um eine Refraktur, bei der wegen Callusbildung im ehemaligen Bruchbereich weitere Bündelnägel nicht eingeschlagen werden konnten (Fall Nr. 4), beim 2. Fall (Fall Nr. 17) war die Markhöhle bei einem 11-jährigen Schüler sehr eng, der 3. Patient litt an einer Pseudarthrose (Fall Nr. 38), wobei ebenfalls wegen verstärkter knöcherner Abdeckung im Pseudarthrosenbereich ein weiteres Einschlagen von Bündelnägeln über die bereits eingebrachten 3 nicht möglich war. Auch in den beiden Fällen mit 4 liegenden Bündelnägeln handelte es sich in einem Fall (Fall Nr. 24) um eine 10 Jahre alte Schülerin, im anderen Fall lag ebenfalls eine Pseudarthrose (Fall Nr. 39) vor.

Bei sämtlichen 40 Frakturen wurde die absteigende Nagelung, d.h. vom Tibiakopf aus, ausgeführt.

Bei 39 Operationen wurde vom typischen medialen Fenster im Tibiakopf aus genagelt. In einem Fall (Fall Nr. 12) wurde auf den postoperativen Röntgenbildern festgestellt, daß die Einschlagstelle im Bereich der Tibiakopfmitte lag und die abgeschnittenen Bündelnagelenden sich in die Höhe des Kniegelenksspaltes projizieren. Sie lagen jedoch sämtlich extraartikulär, weitere Komplikationen ergaben sich dadurch nicht.

Bei 38 Frakturen wurde die Nagelung in typischer Weise geschlossen durchgeführt, in 2 Fällen (Fall Nr. 36 und 39) wurden die Bündelnägel blutig unter Sicht im Pseudarthrosenbereich in das distale Fragment eingeführt. In diesen beiden Fällen handelte es sich um Pseudarthrosen, die ein geschlossenes Vorgehen nicht ermöglichten.

Zusätzlich zur Bündelnagelung wurde in 2 Fällen (Fall Nr. 36 und Nr. 40) die proximale Fibularteilresektion zur Besserung der Stellung bzw. zur Beseitigung der Diastase durchgeführt, in beiden Fällen handelte es sich um bestehende Pseudarthrosen.

Intraoperative bzw. sofortige postoperative Komplikationen noch am Operationstag traten bei 5 Patienten (12,5 Prozent) auf. Dabei

handelte es sich in 2 Fällen um eine sofort postoperativ festgestellte Nervenschädigung im Sinne einer Peroneuslähmung (Fall Nr. 15 und Fall Nr. 36), wobei in einem Fall nur eine Peroneuschwäche bestand, die sich bis zur Entlassung völlig zurückbildete. Im anderen Fall wurde am Abend des Operationstages eine Peroneusparese festgestellt, die sich auch trotz intensiver postoperativer konservativer Behandlung nicht mehr völlig besserte.

Nagelungsfrakturen mit Markraumsprengungen traten nicht auf. Dagegen kam es zu Fehlnagelungen in 3 Fällen, wobei einmal ein Bündelnagel bei einem 14 Jahre alten Schüler über die Epiphysenfuge hinweggeschlagen wurde (Fall Nr. 18). Bei Fall Nr. 29 kam es zu einer Perforation der ventralen Corticalis ca. 1 cm proximal des Sprunggelenksspaltes, wobei der betreffende Bündelnagel um etwa 3 mm hervorragte. Beim 3. Fall (Fall Nr. 39) schien ein Bündelnagel auf den postoperativ angefertigten Röntgenbildern die Sprunggelenksfläche zu tangieren. Weitere postoperative Komplikationen ergaben sich bei diesen 3 Fällen mit Nagelungsfehlern nicht. Die betreffenden Bündelnägel mußten nicht vorzeitig entfernt werden.

#### 9. Postoperative Frakturstellung und Stabilität

Die postoperative Frakturstellung und Dislokation wurde wie in Abschnitt 4 auf den direkt nach der Operation angefertigten Röntgenbildern ausgemessen. Die folgende Tabelle 19 zeigt übersichtlich die Verteilung der entsprechenden Dislokationen.

| dislocatio     | 0°       | bis 5°  | bis 10° | bis 15° | bis 20° |
|----------------|----------|---------|---------|---------|---------|
| varus          | 34(97,2) | 1( 2,8) | -       | -       | -       |
| ad valgus      | 23(65,8) | 8(22,8) | 4(11,4) | -       | -       |
| axim antecurv. | 32(91,4) | 3(8,6)  | -       | -       | -       |
| recurv.        | 33(94,3) | 2(5,7)  | -       | -       | -       |
| ad peripheram  | 28(80,0) | 7(20,0) | -       | -       | -       |

(Rotationsfehler)

Tabelle 19 - Postoperative Winkelabknickungen der Fragmente in Grad.

Die Zahlen in ( ) bedeuten die Häufigkeit in Prozent der 35 frischen Frakturen.

Auch in dieser Tabelle 19 wurden nur die 35 frischen Frakturen unter Ausschluß der Pseudarthrosen ausgewertet.

Beim Ausmessen der seitlichen Verschiebung auf den postoperativen Röntgenbildern wurde im Gegensatz zu den präoperativen Röntgenbildern zusätzlich noch eine Unterteilung in halbe Corticalisbreite aufgenommen. Die Tabelle 20 zeigt die Verteilung der postoperativen seitlichen Verschiebungen bei den 35 frischen Frakturen.

| dislocatio | 0        | HCB    | CB     | HSchB  | SchB |
|------------|----------|--------|--------|--------|------|
| ad latus   | 30(85,8) | 3(8,6) | 1(2,8) | 1(2,8) | -    |

Tabelle 20 - Postoperative seitliche Verschiebung angegeben in

0 = keine Verschiebung ad latus

HCB = Verschiebung um halbe Corticalisbreite

CB = Verschiebung um Corticalisbreite

HSchB = Versetzung um halbe Schaftbreite

SchB = Versetzung um Schaftbreite und mehr

Längenverschiebungen traten postoperativ der Nagelung gemäß nur im Sinne einer Distraction bzw. Diastase der Fraktarenden auf. Auch hier wurde der Abstand der Fraktarenden in Millimetern gemessen, jedoch in 2-Millimeterabständen angegeben. Die bestehenden postoperativen Diastasen bei den 35 frischen Unterschenkelfrakturen zeigt die Tabelle 21.

| dislocatio       |          |        |         |         |        |        |
|------------------|----------|--------|---------|---------|--------|--------|
| ad longitudinem  | 0        | bis 2  | bis 4   | bis 6   | bis 8  | bis 10 |
| cum distractione | 18(51,5) | 2(5,7) | 9(25,8) | 4(11,4) | 1(2,8) | 1(2,8) |

Tabelle 21 - Postoperative Diastase der Fraktarenden angegeben in  
Millimeter

Bei der Beurteilung der Stabilität wurde das ursprünglich von Hackethal angegebene Schema mit den Klassifizierungsgraden in vollstabil und elastischstabil verlassen, da diese Unterscheidung in der praktischen klinischen Auswertung nicht möglich ist. Die Einteilung erfolgte dagegen in voll übungsstabil genagelte Brüche, die eine Aufnahme der aktiven Übungsbehandlung ca. 1 - 2 Wochen nach der Operation erlaubte, in teilstabil genagelte Brüche, die eine längere Schienenfixation erforderten und in postoperativ instabile Frakturen, die teilweise eine zusätzliche Fixation nötig machten.

Die Tabelle 22 zeigt einen Überblick über die postoperativen Stabilitätsverhältnisse der Frakturen mit Einschluß der Pseudarthrosen.

| Stabilität | voll übungsstabil | teilstabil | instabil  |
|------------|-------------------|------------|-----------|
| Fallzahlen | 26 (65,0)         | 3 (7,5)    | 11 (27,5) |

Tabelle 22 - Postoperative Stabilität.

Die Zahlen in ( ) geben die prozentuale Verteilung an.

## 10. Postoperativer Verlauf

### a. Zusätzliche Fixation

Von den 11 instabil genagelten Unterschenkelfrakturen mußte bei 5 Fällen (12,5 Prozent) eine zusätzliche Gipsfixation außer der Schienenlagerung durchgeführt werden. Dabei wurde in einem Fall sofort postoperativ ein Oberschenkel- liegegips angelegt, bei zwei weiteren Patienten erfolgte die Stabilisierung im Oberschenkel- liegegips nach reizloser Wundheilung und Entfernung der Hautfäden nach 2 Wochen, zweit weitere instabil genagelte Unterschenkel- frakturen wurden 3 Monate nach der Operation bei verzögerter Callusbildung mit einem Oberschenkelgips ruhiggestellt, dabei handelte es sich das eine Mal um einen Oberschenkel- liegegips für weitere 3 1/2 Monate, im anderen Fall wurde ein Oberschenkel-

gehgips angelegt.

Es handelte sich dabei im Einzelnen um folgende Fälle:

Fall Nr. 2, weibliche Patientin, 19 Jahre: Querfraktur distal im 3. Sechstel. Die Fraktur wurde mit 5 Bündelnägeln versorgt, es bestand postoperativ eine deutliche Diastase von 4 Millimeter. Durch die instabilen Verhältnisse kam es zu einer deutlich verzögerten Callusbildung und Knochenheilung. 3 Monate postoperativ wurde deshalb vor der ersten Belastung ein Oberschenkelgehgips angelegt, der noch 5 Monate bis zur endgültigen knöchernen Durchbauung und vollen Belastung belassen werden mußte.

Fall Nr. 4, männlicher Patient, 24 Jahre: Einspalt-Querfraktur und Refraktur distal im 3. Sechstel im ehemaligen Frakturbereich. Der Bruch war mit 3 Bündelnägeln instabil versorgt, weitere Bündelnägel konnten wegen Callusbildungen im ehemaligen Bruchbereich nicht eingeschlagen werden. Es bestand postoperativ eine Diastase von 7 Millimetern. Nach reizloser Wundheilung und Entfernung der Hautfäden wurde am 14. postoperativen Tag ein Oberschenkelliegegips angelegt, 2 Monate später erfolgte die erste Belastung im Oberschenkelgehgips, der ebenfalls 2 Monate belassen wurde.

Fall Nr. 28, weibliche Patientin, 41 Jahre: Kurze Schrägfraktur im 5. Sechstel. Da durch die Bündelnagelung mit 6 Nägeln keine Stabilität im divergierenden Knochentrichter erreicht werden konnte, wurde sofort postoperativ ein Oberschenkelliegegips angelegt. Dieser wurde 4 Wochen später bei guter Callusbildung in einen Gehgips umgewandelt, die weitere Behandlung erfolgte dann nicht mehr in Kutzenberg.

Fall Nr. 35, männlicher Patient, 20 Jahre: Zweispaltbruch im 5. Sechstel mit mittelgroßem Biegungskeil. In einem auswärtigen Krankenhaus war zunächst die Fixation im Oberschenkelgips erfolgt. Obwohl auf Grund der distalen Lokalisation der Tibiafraktur keine Indikation für eine Bündelnagelung vorlag, wurde diese doch vorgenommen, da wegen stark entzündlicher Haut- und Weichteilläsionen

im Bruchbereich wegen der Infektionsgefahr eine anderweitige operative Versorgung ausschied und eine konservative Reposition und Fixation nicht gelang. Es wurden 6 Bündelnägel eingebracht, stabile Frakturverhältnisse konnten jedoch im divergierenden Trichter nicht erreicht werden. Postoperativ wurde zunächst bis zur reizlosen Wundheilung und Entfernung der Hautfäden Schienenslagerung durchgeführt, dann wurde 13 Tage postoperativ ein Oberschenkellegegips angelegt. Die Belastung erfolgte dann 4 Wochen später im Oberschenkelgehgips, der nochmals 3 Wochen belassen wurde.

Fall Nr. 36, männlicher Patient, 17 Jahre: Pseudarthrose im 5. Sechstel der Tibia nach offener Trümmerfraktur des Unterschenkels, gleichzeitig bestand auch eine Pseudarthrose nach offener Oberschenkelfraktur am gleichen Bein. Es war zunächst 7 Monate lang konservative Behandlung mit Gips erfolgt. Da auch ausgedehnte Weichteilverletzungen im Bereich des Unterschenkels vorlagen, schied eine Plattenosteosynthese aus. Die Reposition wurde blutig durchgeführt, die Pseudarthrose wurde reseziert und die Knochenenden angefrischt. Gleichzeitig erfolgte eine Wadenbein-Teilresektion distal des Fibulaköpfchens. Die Zahl der eingebrachten Bündelnägel betrug 5. Eine Übungsstabilität konnte nicht erreicht werden, da sich die Pseudarthrose bereits distal der Taille befand, eine erhebliche Diastase vorlag und die Bündelnägel den Markraum nicht voll ausfüllten. Wegen verzögerter Callusbildung wurde dann 3 Monate später ein Oberschenkellegegips angelegt, der 3 1/2 Monate belassen werden mußte.

#### b. Infektionsprophylaxe

Bei 34 Fällen (85 Prozent) stand die Operation oder der postoperative Verlauf unter Antibiotikaschutz. Dabei wurden anfangs Penicilline verwendet, später auch Tetracycline und Breitspektrum-Antibiotica. Seit dem Jahre 1975 erfolgte die medikamentöse antibiotische Behandlung vorwiegend mit Totocillin, maximal bis zu

einer postoperativen Dauer von 3 Wochen, 6 der bündelgenagelten Patienten erhielten keine antibiotische Nachbehandlung.

### c. Medico-mechanische Nachbehandlung

Bei stabilen Operationsverhältnissen und bei komplikationsloser Wundheilung wurde die betreffende Extremität postoperativ auf einer Braun'schen Schiene gelagert. Bis auf Einzelfälle, die bereits nach ca. 1 Woche zu aktiven Bewegungsübungen freigegeben wurden, erfolgte der Beginn der aktiven Bewegungsübungen nach Entfernung der Hautfäden bei reizloser Wundheilung nach dem 13. postoperativen Tag. Spezielle krankengymnastische Übungstherapie wurde nicht durchgeführt, da in Kutzberg bis zum Abschluß der vorliegenden Untersuchungen krankengymnastisch geschultes Personal nicht vorhanden war. In der Regel führten die Patienten muskelkräftigende isometrische Übungen und aktive Bewegungsübungen der angrenzenden Gelenke selbsttätig durch.

Mit Teilbelastung der operierten Extremität wurde frühestens 3 Wochen postoperativ begonnen. Dabei wurden als Unterstützung entweder Unterarmgehstützen oder ein entlastender Allgöverapparat verwendet. Bei den komplikationslos verlaufenen Fällen erfolgte die Vollbelastung in der Regel in der 6. bis 10. Woche. Genaue Durchschnittswerte lassen sich hier nicht ermitteln, da die Angaben in den Krankengeschichten über den Zeitpunkt der Teil- bzw. Vollbelastung oft fehlten bzw. mangelhaft waren.

Bei verzögerter Bruchheilung oder bei nicht sicher stabilen Knochenverhältnissen erfolgte die Mobilisierung mit dem entlastenden Allgöverapparat, der maximal bis zu 2 1/2 Monaten benutzt wurde (Fall Nr. 40, Pseudarthrose).

Seit 1976 wurde auch Nachbehandlung im Bewegungsbad durchgeführt.

#### d. Postoperative Komplikationen

Der postoperative Wundheilungsverlauf fand bei 33 Patienten (82,5 Prozent) ohne jede Störung statt. Bei 7 Fällen (17,5 Prozent) traten postoperative Komplikationen auf. Dabei handelte es sich bei 4 Patienten lediglich um oberflächliche Wundheilungsstörungen im Bereich der Operationswunde am Tibiakopf, die sich in leicht schmierig belegten Wundverhältnissen als Folge einer äußeren Wundinfektion oder - wie bei 2 Fällen - in Form eines oberflächlichen Seroms äußerten. Diese oberflächlichen Infektionen und Wundheilungsstörungen klangen sämtlich unter entsprechender Behandlung mit feuchten Verbänden sowie lokaler und medikamentöser Antibiotica-Behandlung ab. 1 Patient mußte wegen eines leichten Morbus Sudeck behandelt werden (Fall Nr. 25).

Schwerwiegende Komplikationen traten nur in 2 Fällen (5 Prozent) auf. Dabei handelte es sich in einem Fall um eine Nervenschädigung, im anderen Fall ergab sich eine Pseudarthrose:

Fall Nr. 8, männlicher Patient, 18 Jahre: Offene Querfraktur des Unterschenkels im 4. Sechstel. Bei der Bündelnagelung bestanden noch schmierige Wundverhältnisse im Bereich der ehemals offenen Fraktur. Die Bündelnagelung erfolgte 4 Wochen nach dem Unfall. Die Anzahl der eingebrachten Bündelnägel betrug 5, postoperativ bestand auch eine starke Diastase, der Bruch war instabil versorgt. Postoperativ erfolgte die antibiotische Nachbehandlung mit 2 x 80 mg Refobacin für 20 Tage. 4 Wochen nach der Operation waren sämtliche Wundverhältnisse völlig reizlos. Die Callusbildung verlief deutlich verzögert, mit Teilbelastung des Unterschenkels wurde erst 4 Monate nach der Operation begonnen. Bei der Entlassung 2 Monate später war der Unterschenkel voll belastbar, die Narben waren völlig reizlos.

6 Monate später erfolgte erneute stationäre Aufnahme wegen eines ca. kirschgroßen Abszesses im ehemaligen offenen Bruchbereich. Röntgenologisch bestand eine deutliche Pseudarthrose, jedoch keine Osteomyelitis! Nach entsprechender Lokalbehandlung konnte die Weichteilentzündung zur Ausheilung gebracht werden, 4 Wochen nach der erneuten stationären Aufnahme wurde die Reoperation mit Plattenosteosynthese und Entfernung der Bündelnägel durchgeführt. Der weitere Verlauf war völlig komplikationslos.

Fall Nr. 36, männlicher Patient, 17 Jahre: Pseudarthrose nach offener Trümmerfraktur im 3. Sechstel. Die Bündelnagelung wurde durchgeführt, da die Haut- und Weichteilverhältnisse im Bereich der Pseudarthrose nach ausgedehnten Weichteilverletzungen schlecht waren. Bei der Operation wurde die Reposition blutig durchgeführt, sowie die Pseudarthrose angefrischt, gleichzeitig erfolgte eine Stückresektion des Wadenbeines distal des Fibuloköpfchens. Postoperativ war der Bruch mit 5 eingebrachten Bündelnägeln instabil. Am Abend des Operationstages wurde ein Peroneusausfall am betreffenden Bein festgestellt, der sich nicht mehr völlig zurückbildete. Aller Wahrscheinlichkeit nach wurde der Nervus Peroneus jedoch nicht durch die Bündelnagelung lädiert, sondern durch die gleichzeitig durchgeführte Fibularesektion.

Weitere Komplikationen traten nicht auf oder wurden zumindest in den vorhandenen Unterlagen nicht erwähnt. Insbesondere ergab sich keine Osteomyelitis, keine Fettembolie, kein Nagelbruch, keine Nagellocomotion und keine Metallose.

#### 11. Dauer des Klinikaufenthaltes

Die bei allen 40 Kranken mit Unterschenkelfrakturen erforderliche Zeit der gesamten stationären Behandlung betrug im Mittel 90,5 Tage (21 - 540 Tage), wobei die Entlassung durchschnittlich am 48. postoperativen Tag erfolgte. Die im Durchschnitt relativ hohe Hospitalisierungsdauer wurde durch 20 Prozent aller Fälle hervorgerufen.

Diese Patienten wurden zum Teil erst konservativ vorbehandelt und kamen dadurch erst nach längerer Aufenthaltsdauer zur Operation, zum größten Teil aber zeigten sich verzögerte Callusbildung bzw. drohende Pseudarthrosen bzw. Nebenverletzungen oder postoperativ aufgetretene Komplikationen, welche den Krankenhausaufenthalt in die Länge zogen.

## 12. Befund bei Entlassung

Von den 39 in Kutzenberg bündelgenagelten Patienten wurden 26 mit völlig reizlosen Narbenverhältnissen und normalen Bewegungsbefunden in den angrenzenden Gelenken des Unterschenkels entlassen. Ein Bruch war in Erlangen genagelt worden, nach Angaben des Patienten bestanden bei der dortigen Entlassung ebenfalls keine wesentlichen Störungen der Gelenkfunktion. Somit waren bei 67,5 Prozent der Patienten die Gelenkfunktionen, insbesondere in Knie- und Sprunggelenk, normal. Bei 5 Fällen (12,5 Prozent) erfolgte die Entlassung mit Unterarm-Gehstützen bei Teilbelastung. Davon handelte es sich bei 4 Patienten um eine verzögerte Callusbildung, 1 Patient mußte wegen eines Diabetes mellitus verlegt werden, 6 weitere Patienten (15 Prozent) wurden mit einem entlastenden Allgöverapparat entlassen, darunter befanden sich 2 Männer mit vorheriger Pseudarthrose. Zwei weitere Patienten (5 Prozent) wurden mit einem Oberschenkel-Gehgips nach Hause geschickt, davon handelte es sich in einem Fall um eine Refraktur.

In wieweit sich die Gelenkfunktion bei den Patienten noch normalisierte, die bei der Entlassung noch Bewegungseinschränkungen zeigten, kann nicht sicher festgestellt werden, da genaue Angaben während der teilweise noch weiterhin erfolgten ambulanten Vorstellungen mangelhaft waren und deshalb nicht ausgewertet werden konnten.

### 13. Nägelentfernung

Wie eingangs schon erwähnt, kamen 9 (22,5 Prozent) von den 40 Patienten nicht zur Nagelentfernung. Bei diesen 9 Fällen handelt es sich zum Teil um Frakturen aus dem Jahre 1977, bei denen die Metallentfernung noch nicht durchgeführt wurde (3 Fälle), teilweise sind die Bündelnägel wahrscheinlich nicht entfernt oder auswärtig entfernt worden (6 Patienten).

Die durchschnittliche Dauer zwischen der Bündelnagelung und der Nagelentfernung betrug 13,5 Monate (3 bis 25 Monate).

Bei 29 Patienten (93,5 Prozent) verlief die Nagelentfernung komplikationslos, bei 2 (6,5 Prozent) mit leichteren Komplikationen. Dabei trat in einem Fall ca. 2 Stunden nach der Bündelnagelentfernung eine spritzende Blutung aus der Operationswunde auf. Bei der nochmaligen operativen Revision in Narkose zeigte sich eine pulsierende Blutung aus dem Markraum, nach Einbringen von gerinnungsförderndem Material und anschließendem Kompressionsverband traten keine weiteren Komplikationen auf. Beim 2. Patienten war lediglich die oberflächliche Wundheilung verzögert. 30-mal (96,8 Prozent) wurde die Entfernung bei knöcherner Festigkeit der Fraktur durchgeführt, einmal (3,2 Prozent) wurden die Nägel bei noch nicht erreichter knöcherner Festigung wegen einer Pseudarthrose entfernt, die anschließend mit einer Plattenosteosynthese versorgt wurde (Fall Nr. 8, bereits früher beschrieben).

Bei einem Patienten (Fall Nr. 12) bestand bereits bei der Aufnahme zur Nagelentfernung eine kleine Fistel über den Nagelenden, die bei der Operation excidiert wurde und komplikationslos abheilte.

Auffällige klinische Befunde fanden sich bei der Entlassung nach erfolgter Bündelnagelentfernung nur bei 2 Patienten: In einem Fall fiel eine erhebliche Verdickung des Unterschenkels im ehemaligen Bruchbereich durch hochgradige spindelförmige Callusbildungen bei sonst unauffälligem Befund auf. Bei den anderen Patienten bestand

unverändert eine Peroneusparese (Fall Nr. 36), die bereits nach der Bündelnagelung mit gleichzeitig erfolgter Fibularteilresektion aufgetreten war. In diesem Fall lag gleichzeitig auch eine Oberschenkelfraktur vor, es zeigte sich eine erhebliche Schwellneigung im Bereich des gesamten Beines, das Sprunggelenk war in 20 Grad Spitzfußstellung fast völlig versteift. Auch im Kniegelenk zeigten sich deutliche Bewegungseinschränkungen.

Bei den übrigen Patienten war die Gelenkfunktion bei der Entlassung nach erfolgter Entfernung der Bündelnägel uneingeschränkt, der Gang war unauffällig.

Die Dauer der stationären Behandlung betrug bei der Bündelnagelentfernung 17,0 Tage. Davon ausgenommen wurde 1 Patient (Fall Nr. 8) bei dem es sich um eine Pseudarthrose handelte, die nach Entfernung der nutzlosen Bündelnägel mit einer Plattenosteosynthese versorgt wurde. Dieser Patient wurde nochmals 3 1/2 Monate stationär in Kutzenberg behandelt.

In einem Fall (Patient Nr. 25) war zwischen der Bündelnagelung und der Nagelentfernung ein weiterer stationärer Aufenthalt von 4 Tagen wegen eines Morbus Sudeck nötig. Sonstige stationäre Behandlungen, welche im direkten Zusammenhang mit der Knochenverletzung gestanden hätten, waren bei den übrigen 39 am Unterschenkel bündelgenagelten Patienten nicht notwendig.

## B. Oberschenkel

Die Aufgliederung der allgemeinen Daten der Oberschenkelverletzten wie Geschlecht, Alter, Unfallart und Beruf erfolgte bereits in Abschnitt III.

## 1. Unfallentstehung

Die folgende Tabelle 23 zeigt einen Überblick über die Tätigkeit der Verletzten während des Unfallzeitpunktes.

| Tätigkeit der Verletzten<br>zum Unfallzeitpunkt | Anzahl der<br>Oberschenkelbrüche |
|-------------------------------------------------|----------------------------------|
| Mopedfahrer                                     | 2                                |
| Motorradfahrer                                  | 1                                |
| Motorradbeifahrer                               | 2                                |
| Autofahrer                                      | 3                                |
| Fußgänger, von Fahrzeug erfaßt                  | 3                                |
| Schlittenfahrer                                 | 2                                |
| Sturz von Scheune                               | 1                                |
| Kein Unfall vorausgegangen                      | 1                                |
|                                                 | <hr/>                            |
| Gesamt                                          | 15                               |

Tabelle 23 - Tätigkeit der Verletzten zum Unfallzeitpunkt

In keinem Fall handelte es sich um einen Arbeits- oder Berufs-unfall.

## 2. Bruchart und Lokalisation

Bei 5 Bündelnagelungen im Bereich des Oberschenkels wurden gleichzeitig Umstellungsosteotomien durchgeführt, bei 3 Patienten handelte es sich um Deformierungen des Knochens nach Unfällen, bei einem Patienten lag eine starke Coxa vara mit erheblich verstärkter Ante-torsion des Schenkelhalses vor. Bei einem Verunfallten wurde später wegen einer relativen Verlängerung des gesunden Beines nach Ober-schenkelfraktur der anderen Seite eine Verkürzungsosteotomie durch-geführt.

Unter den primär verunfallten Patienten war nur eine offene Fraktur (2,5 Prozent), in 38 Fällen (97,5 Prozent) war die Fraktur primär geschlossen.

Bei der Mehrzahl der Patienten handelte es sich um frische Frakturen (9 Fälle, das entspricht 60 Prozent), bei insgesamt 5 Patienten (33,4 Prozent) wurden Umstellungsosteotomien durchgeführt, dabei bei 3 Patienten nach Unfällen mit Deformierungen oder Fehlstellungen des Femurs nach früheren Unfällen. Eine Umstellungsosteotomie erfolgte wegen einer angeborenen Hüft-dysplasie mit Coxa vara. Bei einem Fall (6,6 Prozent) handelte es sich um eine Pseudarthrose nach offener Oberschenkelfraktur durch einen Mopedunfall (Fall Nr. 50). Dieser Patient hatte gleichzeitig auch eine offene Unterschenkelfraktur am gleichen Bein erlitten, die ebenfalls pseudarthrotisch verheilte.

Die 13 Frakturen verliefen im Bereich des Tibiaschaftes folgendermaßen:

- a. Einspaltbrüche: Insgesamt 12 (92,3 Prozent).
  - Davon Querbrüche 9 (69,2 Prozent)
  - Kurze Schrägbrüche 2 (15,4 Prozent)
  - Langer Schrägbruch 1 (7,7 Prozent)
- b. Zweispaltbrüche: Insgesamt 1 (7,7 Prozent)
  - Davon mit großem Biegegskeil 1 (7,7 Prozent)

Die 5 mit Bündelnagelungen durchgeführten Umstellungsosteotomien sind nochmals in Tabelle 24 zusammengefaßt, bei 2 Patienten handelte es sich nicht um eine Fraktur bzw. um Frakturfolgen.

| Fall-Nr. | Indikation                                                                            | Lokalisation in Drittel<br>des Oberschenkelchaftes<br>unterteilt |                           |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 51       | Antecurvationsfehlstellung<br>Fehlstellung ad latus<br>Starke Verkürzung              | nach Einspalt-<br>querfraktur                                    | distal im<br>2. Drittel   |
| 52       | Starke Verlängerung<br>nach Einspaltquerfraktur                                       |                                                                  | Mitte<br>2. Drittel       |
| 53       | Varusfehlstellung nach<br>Einspaltquerfraktur<br>Verkürzung                           |                                                                  | proximal im<br>3. Drittel |
| 54       | Congenitale Hüftluxation bds.<br>Starke Coxa vara                                     |                                                                  | sub-<br>trochanter        |
| 55       | Relative Verlängerung nach Ober- und<br>Unterschenkelquerfraktur der<br>anderen Seite |                                                                  | Mitte<br>2. Drittel       |

Tabelle 24 - Übersicht über die durchgeführten Umstellungs-  
osteotomien mit Indikation und Lokalisation

Die einzige mit Bündelnägeln versorgte Oberschenkel-pseudarthrose war in der Mitte des 2. Drittels lokalisiert, es handelte sich primär um einen Zweispaltbruch in Schaftmitte des Oberschenkels mit Absprengung eines lateralen Keiles von 6 cm Länge.

Um die Frakturen auch in Bezug auf die Indikationsstellung lokalisieren zu können, wurde der Oberschenkelchaft in Drittel unterteilt. Auf die Einteilung in Sechstel konnte verzichtet werden, da nur Oberschenkelbrüche behandelt wurden, die im mittleren Drittel, bzw. im distalen Abschnitt des proximalen Drittels lokalisiert waren. Die Verteilung der verschiedenen Brucharten auf die entsprechenden Oberschenkelchaft-Abschnitte geht aus der Tabelle 25 hervor.

| Lokalisation          | Einspaltbrüche | Zweispaltbrüche   |
|-----------------------|----------------|-------------------|
| proximales 1. Drittel | 4              | -                 |
| mittleres 2. Drittel  | 8              | 1 (Pseudarthrose) |
| distales 3. Drittel   | -              | -                 |

Tabelle 25 - Aufteilung der Bruchart auf die entsprechenden Femurabschnitte

Auf der Abbildung IV ist nochmals die Aufteilung der verschiedenen Frakturen und deren Lokalisation in den betreffenden Femurabschnitten dargestellt.

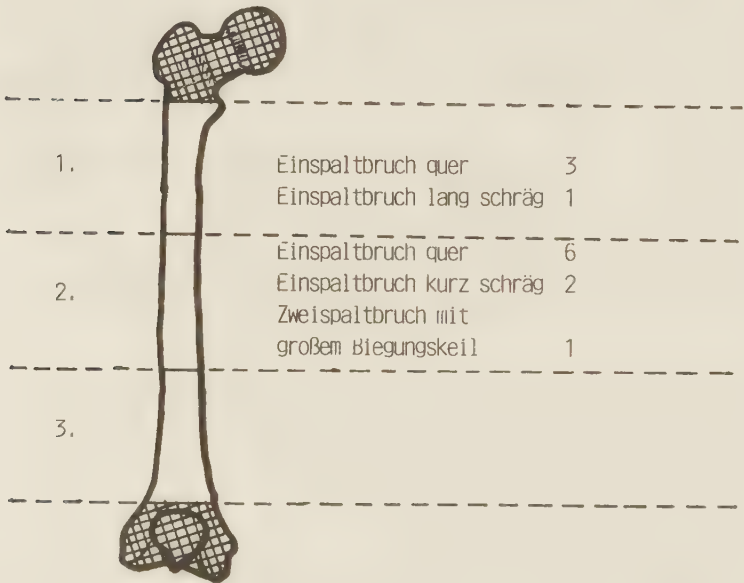


Abb. IV - Lokalisation der Oberschenkelfrakturarten

### 3. Indikationsgrad

Der spezielle Indikationsgrad ergibt sich für Einspaltbrüche am Oberschenkel aus der Abbildung V. Dabei wurde im Gegensatz zum Unterschenkel eine Einteilung in Drittel gewählt, da das mittlere Drittel des Oberschenkelschaftes mit dem Indikationsgrad I nach Hackethal übereinstimmt und sämtliche mit Bündelnagelung versorgte Oberschenkelbrüche insgesamt innerhalb der Knochenbereiche mit den Indikationsgraden I und II lagen.

Auf die Darstellung der Indikationsgrade für Zweispaltbrüche wurde verzichtet, da der einzige derartige in Kutzenberg operierte Fall eines Zweispaltbruches genau in der Mitte des Femurschaftes lokalisiert war und damit in die Indikationszone II für Zweispaltbrüche fiel.

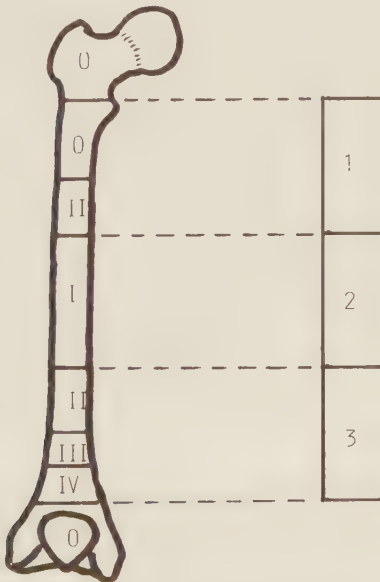


Abb. V - Indikationsgrad für Einspaltbrüche des Oberschenkels

Wie bei den Unterschenkelfrakturen wurden die Oberschenkelbrüche entsprechend ihrer Bruchart auf die einzelnen Indikationsgrade in der folgenden Tabelle 26 aufgeteilt.

| Indikationsgrad | Einspaltbrüche | Zweispaltbrüche | Osteotomien |
|-----------------|----------------|-----------------|-------------|
| I               | -              | -               | 1           |
| II              | 4              | 1               | -           |
| III             | -              | -               | -           |
| IV              | -              | -               | -           |
| 0               | -              | -               | 1           |

Tabelle 26 - Verteilung der Brucharten bzw. Osteotomien auf die entsprechenden Indikationsgrade.

In dieser Tabelle 26 wurden nur die beiden Osteotomien aufgeführt, die nicht im ehemaligen Bruchbereich durchgeführt wurden (Fall Nr. 54 und 55). Davon handelt es sich bei der Osteotomie mit Indikationsgrad I um eine Verkürzungsosteotomie in Oberschenkelmitte bei relativer Verlängerung der kontralateralen Seite nach Ober- und Unterschenkelfraktur (d.h., das gesunde Bein wurde osteotomiert), bei der anderen angegebenen Osteotomie innerhalb des Indikationsgrades 0 handelt es sich um eine subtrochantere Osteotomie bei starker Coxa vara nach congenitaler Hüftluxation. Bei diesem Fall kam es nicht auf eine Belastungsstabilität an, es sollte lediglich ein entsprechender CCD-Winkel durch entsprechende Biegung der Bündelnägel gehalten werden. Bei der im Oberschenkelbereich mit Bündelnägeln versorgten Pseudarthrose bestand der Indikationsgrad II, es handelte sich um einen pseudarthrotisch verheilten Zweispaltbruch in Schaftmitte.

Insgesamt wurden im Oberschenkelbereich 9 Bündelnagelungen (60 Prozent) mit dem Indikationsgrad I durchgeführt, 5 Nagelungen (33,4 Prozent) mit dem Indikationsgrad II und 1 Umstellungsosteotomie mit Markraumfixation (6,6 Prozent) mit dem Indikationsgrad 0. Brüche mit dem Indikationsgrad III und IV wurden im Oberschenkelbereich nicht versorgt.

#### 4. Präoperative Frakturstellung und Dislokationsgrad

Zur Auswertung wurden die 13 Fälle herangezogen, bei denen es sich um Frakturen handelte. Bei den nicht einbezogenen Fällen handelte es sich um 2 Osteotomien, in einem Fall um eine Verkürzungsosteotomie des gesunden Beines (Fall Nr. 55), im anderen Fall um eine subtrochantere Osteotomie bei Coxa vara (Fall 54). Auf den präoperativen Röntgenbildern wurden die Winkelfehlstellungen a.p. und seitlich sowie der Rotationsfehler und vorhandene Verkürzungen analog zum Vorgehen bei den Unterschenkelfrakturen ausgemessen. Die nachstehende Tabelle 27 zeigt eine Übersicht über die entsprechenden präoperativen Dislokationen.

| dislocatio                         | 0°       | bis 5°  | bis 10° | bis 15° |
|------------------------------------|----------|---------|---------|---------|
| varus                              | 2(15,4)  | -       | 3(23,1) | 4(30,7) |
| ad valgus                          | 12(92,3) | -       | -       | 1( 7,7) |
| axim antecurv.                     | 9(69,2)  | -       | -       | 2(15,4) |
| recurv.                            | 8(61,5)  | 1(7,7)  | 1( 7,7) | -       |
| ad peripheram<br>(Rotationsfehler) | 4(30,7)  | 3(23,1) | 5(38,5) | 1( 7,7) |

| dislocatio                         | bis 20° | bis 30° | bis 35° |
|------------------------------------|---------|---------|---------|
| varus                              | 2(15,4) | 2(15,4) | -       |
| ad valgus                          | -       | -       | -       |
| axim antecurv.                     | 1( 7,7) | -       | 1(7,7)  |
| recurv.                            | 3(23,1) | -       | -       |
| ad peripheram<br>(Rotationsfehler) | -       | -       | -       |

Tabelle 27 - Präoperative Dislokationsgrade der Frakturen.

Die Zahlen in ( ) drücken die prozentuale Häufigkeit der 13 Frakturen im Bezug auf die verschiedenen Achsenfehlstellungen aus.

Die seitliche Verschiebung (dislocatio ad latus) wurde wie bei den Unterschenkelfrakturen in Verschiebungen um Schaftbreite, halbe Schaftbreite und Corticalisbreite angegeben. Die Tabelle 28 zeigt die Verteilung der präoperativen Verschiebungen bei den 13 Frakturen.

|            |         |        |         |         |
|------------|---------|--------|---------|---------|
| dislocatio | 0       | CB     | HSchB   | SchB    |
| ad latus   | 2(15,4) | 1(7,7) | 2(15,4) | 8(61,5) |

Tabelle 28 - Präoperative seitliche Verschiebung angegeben in

0 = keine Verschiebung

CB = Verschiebung um Corticalisbreite

HSchB = Versetzung um halbe Schaftbreite

SchB = Versetzung um Schaftbreite und darüber

Die vorhandenen Längsverschiebungen (dislocatio ad longitudinem) - bei Fall Nr. 52 bestand eine Verlängerung des Oberschenkels um 3,0 cm nach einer 8 Jahre zurückliegenden Oberschenkelfraktur bei einem 10-jährigen Schüler, sonst handelte es sich immer um eine Verkürzung (dislocatio ad longitudinem cum contractione) - wurden auf den Röntgenbildern als Abstand der Fraktarenden ausgemessen und in 5 mm-Abständen ausgewertet. Die vorhandenen präoperativen Längsverschiebungen bei den 13 Frakturen zeigt die Tabelle 29.

|                  |        |          |           |           |           |
|------------------|--------|----------|-----------|-----------|-----------|
| dislocatio       |        |          |           |           |           |
| ad longitudinem  | 0      | bis 5 mm | bis 10 mm | bis 15 mm | bis 20 mm |
| cum contractione | 1(7,7) | -        | 1(7,7)    | -         | 3(23,1)   |
| cum distractione | -      | -        | -         | -         | -         |

|                  |           |           |           |
|------------------|-----------|-----------|-----------|
| dislocatio       |           |           |           |
| ad longitudinem  | bis 25 mm | bis 30 mm | bis 40 mm |
| cum contractione | 3(23,1)   | -         | 4(30,7)   |
| cum distractione | -         | 1(7,7)    | -         |

Tabelle 29 - Präoperative Längenverschiebungen der Oberschenkel-frakturen angegeben in Millimetern

## 5. Nebenverletzungen

In 5 Fällen (35,7 Prozent) waren außer der Oberschenkelfraktur Nebenverletzungen vorhanden. Es wurde dabei von der Gesamtzahl von 14 verunfallten Patienten ausgegangen, bei denen wegen einer frischen oder alten Fraktur eine Bündelnagelung oder Umstellungsosteotomie nötig war. In keinem Fall handelte es sich dabei um leichte Nebenverletzungen. Alle der 5 Patienten mit Nebenverletzungen hatten zusätzliche Knochenfrakturen (Fall Nr. 41: Metacarpale II-Fraktur der linken Hand; Fall Nr. 42: Offene Kniegelenksverletzung am gleichen Bein, Großzehengrundgliedfraktur der kontralateralen Seite und Schädel-Hirn-Trauma I. Grades; Fall Nr. 50: Ausgeprägte Weichteilverletzungen medial im Bereich des frakturierten Oberschenkels (offene Oberschenkelfraktur), gleichzeitig offene Unterschenkelfraktur am gleichen Bein, ebenfalls mit ausgedehnten Weichteilverletzungen - siehe auch Fall Nr. 36 bei den Unterschenkelfrakturen -; Fall Nr. 53: Alte Frakturen beider Oberschenkel, wobei eine Seite in Deformität verheilte und deshalb eine Umstellungsosteotomie nötig machte; Fall Nr. 55: Ober- und Unterschenkelfraktur am rechten Bein mit anschließender Konsolidation in starker Verkürzung, deshalb wurde eine Verkürzungsosteotomie des anderen gesunden Beines durchgeführt). Wie bei den Knochenfrakturen bereits erwähnt, lagen zweimal am gleichen Bein ausgedehnte Weichteilverletzungen, in einem Fall mit Kniegelenkseröffnung, vor, einmal bestand zusätzlich ein Schädel-Hirn-Trauma I. Grades. Zusätzliche innere Verletzungen bestanden in keinem Fall, auch primäre Nervenschädigungen wurden nicht festgestellt.

## 6. Vorbehandlung

Von den 15 in Kutzenberg bündelgenagelten Oberschenkelknochen handelte es sich in 13 Fällen um Frakturen oder deren Folgezustände. Davon wurden 7 Patienten auswärts vorbehandelt, wobei folgende Behandlungsmethoden angegeben waren:

In 4 Fällen war zunächst eine Drahtextension durchgeführt worden, davon wurde in einem Fall später in Kutzenberg ein Beckengips zur weiteren Fixation angelegt. Die 4 nach Unfällen nötigen Umstellungsosteotomien wurden sämtlich vorher auswärts konservativ mit Extension und Gips behandelt. Von den Patienten, die direkt nach dem Unfall in die Orthopädie Kutzenberg eingeliefert wurden, wurden 4 zunächst mit einer Drahtextension versorgt. Dabei wurde einmal eine Tibiakopf-Drahtextension, dreimal eine supracondyläre Drahtextension am Oberschenkel angelegt. Die Extensionsgewichte betrugen zwischen 3,5 und 7 kg. Bei 2 Oberschenkelfrakturen erfolgte keine entsprechende Vorbehandlung, das verletzte Bein wurde auf einer Schiene bis zur Operation ruhiggestellt. Operative Vorversorgungen erfolgten vor der Bündelnagelung weder in Kutzenberg noch in auswärtigen Krankenhäusern.

Einen Überblick über die entsprechende Vorbehandlung ergibt sich aus der Tabelle 30.

|                                                        | Vorbehandlung |               |
|--------------------------------------------------------|---------------|---------------|
|                                                        | auswärtig     | in Kutzenberg |
| Drahtextension supracondylär                           | 1             | 3             |
| Tibiakopf                                              | 3             | 1             |
| Beckengips (nach auswärtiger Tibiakopf-Drahtextension) | -             | 1             |
| Keine Vorbehandlung (Schienerlagerung)                 | -             | 2             |

Tabelle 30 - Verteilung der durchgeführten Vorbehandlungen bei den 10 frischen Oberschenkelfrakturen mit Einschluß der einen Pseudarthrose

## 7. Operationszeitpunkt

Von den 15 in Kutzenberg bündelgenagelten Oberschenkelknochen gelangten 7 Patienten ( 47 Prozent) in der ersten Woche nach dem Unfall zur operativen Versorgung, zwei Patienten (13 Prozent) in der zweiten Woche. Bei diesen 9 Fällen handelte es sich um sämtliche frischversorgte Frakturen, die 6 später mit Bündelnägeln versorgten Patienten beinhalten die 5 Fälle mit Umstellungsosteotomien und den einen Pseudarthrosefall. Der Zeitpunkt der Operation nach dem primären Unfall betrug bei dem Patienten mit der Oberschenkel-Pseudarthrose 3 1/2 Monate, bei den Umstellungsosteotomien zwischen 5 Monaten und 8 Jahren.

Eine graphische Darstellung der frischen Frakturen in Bezug auf den Operationszeitpunkt gibt Abbildung VI.

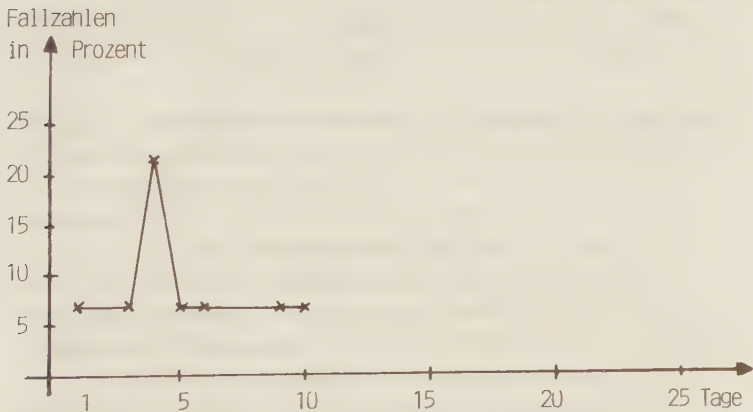


Abb. VI - Graphische Beziehung der Fallzahlen in Prozent in Abhängigkeit vom Operationszeitpunkt (berücksichtigt sind die Patienten, die innerhalb 10 Tage nach dem Unfall operiert wurden)

## 8. Operationsverlauf

Die Technik der Bündelnagelung erfolgte bei den frischen Frakturen ausschließlich in der von Hackethal vorgeschlagenen und in seiner Monographie angegebenen Art und Weise: In der ersten unsterilen Phase wurden die Frakturen mit Hilfe des Viermastkrans unter röntgenologischer Bildwandlerkontrolle reponiert und fixiert. Anschließend wurde in der sterilen Phase nach entsprechender Abdeckung ein Knochenfenster von ca. 2 bis 2,5 cm Länge im Bereich des Trochanter major aufgemeißelt. Die vorgeschränkten Nägel wurden unter Berücksichtigung der physiologischen Anteilkurvaturkrümmung in der Spongiosazone gleichmäßig verteilt. In einzelnen Fällen wurde der konvergierende Trichter mit Verteilungsnägeln aufgefüllt. Eine Blutleere wurde nicht angelegt. Nach nochmaliger Bildwandlerkontrolle wurde dann die Wunde ohne Saugdrainage verschlossen und das Bein postoperativ nach entsprechender elastischer Wicklung auf eine Schiene gelagert. Sofort postoperativ wurde eine Röntgenkontrolle in 2 Ebenen angefertigt. Die Nagelung wurde immer absteigend durchgeführt.

Bei den 9 frischen Oberschenkelfrakturen erfolgte die Reposition ausnahmslos vollapparativ mit dem Viermastkran unter Bildwandlerkontrolle. Dabei gelang die Reposition bei einem Patienten nicht exakt (Fall Nr. 44). Auch bei dem Patienten mit der Oberschenkel-pseudarthrose (Fall Nr. 50) wurde die Reposition vollapparativ mit dem Viermastkran befriedigend durchgeführt. Bei den 5 durchgeführten Umstellungsosteotomien wurde die Reposition wie zu erwarten sämtlich offen durchgeführt, eine Fixierung nach Durchtrennung der Knochenkontinuität mit dem Viermastkran wurde nicht durchgeführt. Die endgültige Stellung wurde beim Vortreiben der Bündelnägel laufend unter dem Röntgenbildwandler kontrolliert und mit den Bündelnägeln selbst fixiert. Die Nägel konnten dabei unter Sicht in den distalen Knochen eingebracht werden. Bei einem Patienten (Fall Nr. 51) wurde die Markhöhle mit einem Handbohrer aufgebohrt.

Einen Überblick über die erfolgten Repositionsarten zeigt die Tabelle 31.

| Repositionsart                       | Fallzahl                                    |
|--------------------------------------|---------------------------------------------|
| voll apparativ<br>(mit Viermastkran) | 10 (9 frische Frakturen<br>1 Pseudarthrose) |
| blutig (offen)<br>und manuell        | 5 (sämtliche<br>Umstellungsosteotomien)     |

Tabelle 31 - Verteilung der Repositionsarten bei den genagelten Oberschenkeln

Im Durchschnitt wurden pro Fall 6,06 Bündelnägel (die Einzelzahl lag zwischen 1 und 9 Stück einschließlich der Verkeilungsnägel) verwendet. Die Zahl der Verkeilungsnägel betrug maximal 4 Stück. Die genaue Verteilung der Bündelnägelzahl auf die einzelnen operierten Oberschenkel zeigt Tabelle 32.

| Anzahl der Bündelnägel | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fallzahlen             | 1 | - | 1 | 2 | 1 | 2 | 4 | 2 | 2 |

Tabelle 32 - Anzahl der verwendeten Bündelnägel im Vergleich zu den Fallzahlen

Bei dem Fall mit nur 1 eingebrachten Bündelnagel (Fall Nr. 54) handelte es sich um einen 10-jährigen Schüler, bei dem wegen einer ausgeprägten Coxa vara eine subtrochantere Umstellungsosteotomie zunächst ohne Metallosteosynthese durchgeführt worden war. Die postoperativen Bilder zeigten jedoch weiterhin eine erhebliche Fehlstellung, deswegen wurde vom Trochanter major her ein Bündelnagel in die distale Markhöhle eingeschlagen und dann durch Biegen des proximalen Bündelnagelendes die Korrektur der Coxa valga subtrochanter durchgeführt. Bei dem Patienten, bei dem der Oberschenkel mit 3 Bündelnägeln versorgt wurde, handelte es sich ebenfalls um eine Umstellungsosteotomie bei einem 9-jährigen Schüler, dabei lag primär eine erhebliche Varusstellung von  $30^{\circ}$  vor. Nach einer entsprechenden keilförmigen Osteotomie im ehemaligen Frakturbereich erfolgte die Fixierung mit 3 Bündelnägeln. Bei den Fällen mit

4 Bündelnägeln (Fall Nr. 45 und Fall Nr. 50) handelte es sich einmal um einen 10-jährigen Schüler mit einer frischen Fraktur, beim anderen Fall war eine Pseudarthrose nach offenem Zweispaltbruch vorhanden.

Bei sämtlichen 15 Oberschenkel-Bündelnagelungen wurde die absteigende Nagelung, d.h. vom Trochanter major aus, ausgeführt.

Bei allen 15 Bündelnagelungen wurde vom typischen dorso-lateralen Knochenfenster im Bereich des Trochanter major aus genagelt.

Bei den 9 frischen Frakturen und der 1 Pseudarthrose wurde die Nagelung in typischer Weise geschlossen durchgeführt, bei den 5 Umstellungsosteotomien erfolgte das Einbringen der Bündelnägel blutig unter Sicht und laufender Röntgen-Bildwandlerkontrolle in das distale Fragment. Dabei wurde in einem Fall (Fall Nr. 51) die Markhöhle mit einem Handbohrer aufgebohrt.

Intraoperative Komplikationen traten bei 3 Patienten (20 Prozent) auf. Dabei handelte es sich bei einem Patienten (Fall Nr. 53) nur um einen Abbruch eines Knochenbohrers im Osteotomiebereich, der im Knochen belassen werden mußte. Bei einem Fall (Nr. 48) kam es zu einer Fehlnagelung, wobei ein Bündelnagel die ventrale Corticalis knapp proximal des oberen Kniegelenksrecessus perforierte. Der Bündelnagel lag jedoch außerhalb der Kniegelenkshöhle, weitere Komplikationen traten durch den so belassenen Nagel nicht auf. Bei Fall Nr. 49 kam es zu einer Nagelungsfraktur mit Absprengung des langen Flötenschnabels des distalen Fragmentes, intraoperativ perforierten je 2 Bündelnagel ventral und dorsal die Corticalis und tangierten bei der Bildwandlerkontrolle das Kniegelenk. Diese beiden Nägel wurden zurückgezogen und neu plziert. Auf der sofortigen postoperativen Röntgenaufnahme wurde dann noch festgestellt, daß 1 Bündelnagel im Frakturbereich nach lateral aus der Markhöhle ausgelaufen war. Dieser wurde belassen. Postoperativ kam es in diesem Fall zu einem leichten Kniegelenkscreuß links, der sich jedoch innerhalb von 2 Wochen völlig zurückbildete. Da keine Stabilität vorlag, wurde ein Beckengips angelegt. Die Bündelnägel wurden in diesem Fall nicht vorzeitig entfernt.

Sofortige postoperative Komplikationen noch am Operationstag traten bei keinem Patienten auf.

## 9. Postoperative Frakturstellung und Stabilität

Die postoperative Frakturstellung und Dislokation wurde wie in Abschnitt B 4. auf den direkt nach der Operation angefertigten Röntgenbildern ausgemessen. Dabei wurde der eine Fall (Nr. 54) mit der Umstellungsosteotomie im subtrochanteren Bereich bei Coxa vara nicht berücksichtigt. Es handelt sich somit um 14 ausgewertete Fälle, eingeschlossen ist auch die postoperative Stellung der Verkürzungsosteotomie, die an einem gesunden Bein durchgeführt wurde (Fall Nr. 55). Die folgende Tabelle 33 zeigt übersichtlich die Verteilung der entsprechenden postoperativen Fehlstellungen im Oberschenkelbereich.

| dislocation                        | 0°       | bis 5°  | bis 10° | bis 15° | bis 20° |
|------------------------------------|----------|---------|---------|---------|---------|
| varus                              | 11(78,5) | -       | 3(21,5) | -       | -       |
| ad valgus                          | 11(78,5) | 2(14,3) | 1( 7,2) | -       | -       |
| axim antecurv.                     | 13(92,8) | 1( 7,2) | -       | -       | -       |
| recurv.                            | 13(92,8) | 1( 7,2) | -       | -       | -       |
| ad peripheram<br>(Rotationsfehler) | 11(78,5) | 2(14,3) | -       | -       | 1(7,2)  |

Tabelle 33 - Postoperative Dislokationsgrade der bündelgenagelten Oberschenkel.

Die Zahlen in ( ) drücken die prozentuale Häufigkeit im Bezug auf die verschiedenen Achsenfehlstellungen bei 14 Fällen aus.

Die nächste Tabelle 34 zeigt die Verteilung der postoperativen seitlichen Verschiebungen bei 14 Patienten.

|            |          |         |       |      |
|------------|----------|---------|-------|------|
| dislocatio | 0        | CB      | HSchB | SchB |
| ad latus   | 12(85,7) | 2(14,3) | -     | -    |

Tabelle 34 - Postoperative seitliche Verschiebung angegeben in

0 = keine Verschiebung

CB = Verschiebung um Corticalisbreite

HSchB = Versetzung um halbe Schaftbreite

SchB = Versetzung um Schaftbreite und darüber

Längenverschiebungen traten postoperativ der Bündelnagelung gemäß mit Ausnahme eines Falles im Sinne einer Diastase der Frakturen auf. Bei einem Patienten bestand auch noch postoperativ eine Verkürzung von 1,5 cm (Fall Nr. 49). Es handelte sich dabei primär um einen Drehbruch im proximalen Drittel des Oberschenkels mit einem distalen, ca. 10 cm langen Flötenschnabelbruch. Die präoperative Verkürzung betrug 5 cm, bei der Bündelnagelung kam es zu einer Nagelungsfraktur im Sinne einer Absprengung des langen Flötenschnabels des distalen Fragmentes.

Eine Übersicht über die bestehenden postoperativen Längenverschiebungen bei den berücksichtigten 14 Fällen zeigt die folgende Tabelle 35.

|                  |         |          |           |           |           |
|------------------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|
| dislocatio       |         |          |           |           |           |
| ad longitudinem  | 0       | bis 5 mm | bis 10 mm | bis 15 mm | bis 20 mm |
| cum contractione | -       | -        | -         | 1(7,2)    | -         |
| cum distractione | 3(21,5) | 9(71,3)  | 1(7,2)    | -         | -         |

Tabelle 35 - Postoperative Längenverschiebungen der genagelten Oberschenkel in Millimetern

Die Beurteilung der postoperativen Stabilität wurde wie bei den bündelgenagelten Unterschenkelfrakturen vorgenommen. Die Tabelle 36 zeigt einen Überblick über die postoperativen Stabilitätsverhältnisse der bündelgenagelten Femurschäfte mit Einschluß der Osteotomien (alle 15 Fälle).

|            |                   |            |          |
|------------|-------------------|------------|----------|
| Stabilität | voll übungsstabil | teilstabil | instabil |
| Fallzahlen | 10(66,7)          | 2(13,3)    | 3(20,0)  |

Tabelle 36 - Postoperative Stabilität.

Die Zahlen in ( ) geben die prozentuale Verteilung an.

## 10. Postoperativer Verlauf

### a. Zusätzliche Fixation

Bei den 3 instabil genagelten Oberschenkeln wurde in sämtlichen Fällen eine zusätzliche Gipsfixation durchgeführt. Es wurde dabei ausnahmslos ein Beckengips postoperativ angelegt. Eine weitere Beckengipsfixation erfolgte bei einer teilstabil genagelten Oberschenkelpseudarthrose (Fall Nr. 50), hier erfolgte die Gipsfixation jedoch vorwiegend wegen einer instabil versorgten gleichzeitig vorhandenen Unterschenkelpseudarthrose am gleichen Bein.

Bei den instabil mit Bündelnägeln versorgten Oberschenkeln handelte es sich um folgende Fälle:

Fall Nr. 49, Schülerin, 9 Jahre: Drehbruch im proximalen Drittel des Oberschenkels, distales Fragment flötenschnabelartig von medial-distal des Trochanter minor ca. 10 cm schräg nach lateral verlaufend. Präoperativ bestand ein erheblicher Varusknick sowie eine Verkürzung von ca. 5 cm, gleichzeitig eine starke Antekurvatur. Die Fraktur wurde mit 6 Bündelnägeln versorgt, davon 1 Verkeilungsnagel. Intraoperativ kam es zu einer Nagelungsfraktur mit Absprengung des langen Flötenschnabels, gleichzeitig perforierten 2 Bündelnägel ventral und dorsal ins Kniegelenk, die wieder zurückgezogen wurden. Postoperativ bestand ein unveränderter Varusknick, die verstärkte Antekurvationsstellung war korrigiert. Es bestand noch eine Verkürzung von 1,5 cm bei Versetzung um Corticalisbreite. Zunächst wurde Schienenlagerung durchgeführt, 13 Tage nach der Operation wurde ein konservativer Repositionsversuch durchgeführt, die

Stellung ließ sich jedoch nicht wesentlich verbessern. Es erfolgte dann die Fixierung in einem Beckengips, der 8 Wochen belassen wurde. Anschließend wurden aktive Übungen aus der hinteren Gipsschale ausgeführt.

Fall Nr. 53, Schüler, 9 Jahre: Es handelte sich um den Zustand nach deform verheilten Oberschenkelfraktur rechts nach Querfraktur am Ende des proximalen Drittels. Präoperativ bestand eine Varusstellung von  $30^{\circ}$  sowie eine Verkürzung von 1 cm. Bei der Operation wurde zunächst eine keilförmige Osteotomie im Frakturbereich zur Korrektur der Varusstellung durchgeführt, anschließend erfolgte die Bündelnagelung mit 3 Nägeln. Intraoperativ kam es zum Abbruch eines Knochenbohrers im Osteotomiebereich, die Bohrer Spitze mußte im Knochen belassen werden. Postoperativ zeigte sich eine ganz geringgradige Valgusknickbildung, sonst war die Knochenstellung achsengerecht. Diastase von 2 mm. Da der Oberschenkel mit 3 Bündelnägeln instabil versorgt war, wurde sofort postoperativ ein Beckengips mit entsprechender Fensterung im Bereich der Operationswunde angelegt. Der anschließende Verlauf war komplikationslos, der Gipsverband wurde 8 Wochen später entfernt, anschließend aktive Übungsbehandlung.

Fall Nr. 54, Schüler, 10 Jahre: Es handelte sich primär um eine Coxa vara von  $65^{\circ}$  mit Beinverkürzung von 1,0 cm sowie erheblich verstärkter Antetorsion des Schenkelhalses. Der Hüftkopf war durch die congenitale Hüftdysplasie erheblich deformiert, es zeigte sich eine beginnende Kopfnekrose. Es war zunächst eine subtrochantere Umstellungsosteotomie ohne Metallosteosynthese mit anschließendem Beckengips durchgeführt worden, die Antetorsionsstellung konnte jedoch nicht beseitigt werden, deshalb wurde der Entschluß zur Fixation mit einem Bündelnagel gefaßt. Vom Trochanter major her wurde ein Bündelnagel in die distale Markhöhle eingeschlagen, anschließend durch Biegen des proximalen Bündelnagelendes die entsprechende Valgusstellung hergestellt. Dabei wurde der Bündelnagel um  $42^{\circ}$  an der Osteotomiestelle nach lateral gebogen, der CCD-Winkel betrug anschließend  $125^{\circ}$ . Postoperativ wurde sofort ein Beckengips angelegt, 9 Wochen später erfolgten nach Entfernung des Gipses die ersten Bewegungsübungen, 14 Tage später wurde mit zunehmender Be-

lastung des Beines begonnen. Im weiteren Verlauf kam es jedoch erneut zu einer Coxa vara von  $80^{\circ}$ , der Bündelnagel bog sich wieder gerade. 4 Monate nach der Erstoperation mußte deshalb erneut osteotomiert werden. Der Bündelnagel wurde nochmals um  $110^{\circ}$  nach außen gebogen, dadurch wurde ein CCD-Winkel von  $150^{\circ}$  erreicht. Anschließend wurde sofort postoperativ ein Beckengips in starker Abduktion des Beines angelegt. Der weitere Verlauf war komplikationslos, es trat knöcherne Heilung in der oben beschriebenen Stellung des Schenkelhalses ein. Der Bündelnagel wurde nach 27 Monaten entfernt.

#### b. Infektionsprophylaxe.

In 13 Fällen (68,7 Prozent) stand die Operation oder der postoperative Verlauf unter Antibiotikaschutz. Dabei kamen vorwiegend Penicilline und Tetracycline zur Anwendung, in 2 Fällen Totocillin. Die Dauer der Antibiotikagabe betrug postoperativ maximal 4 Wochen. 2 Schüler mit bündelgenagelten Oberschenkeln bekamen keine antibiotische Nachbehandlung.

#### c. Medicomechanische Nachbehandlung.

Die entsprechende Nachbehandlung erfolgte analog der Nachbehandlung bei den Unterschenkelfrakturen. Nach der Oberschenkelnagelung wurde die betreffende Extremität postoperativ auf eine Schiene für durchschnittlich 2 - 3 Wochen gelagert. Frühestens ab dem 10. postoperativen Tag wurde mit aktiven Bewegungsübungen begonnen, die Hautfäden wurden am 12. postoperativen Tag entfernt. Spezielle krankengymnastische Übungstherapie wurde nicht durchgeführt. Die Patienten wurden angeleitet, selbsttätige isometrische Übungen und aktive Bewegungsübungen der angrenzenden Gelenke selbsttätig durchzuführen.

In einem Fall (Fall Nr. 42) wurde 3 Wochen postoperativ mit einer Quengelbehandlung des teilversteiften Kniegelenkes begonnen. Da auch diese keine wesentlichen Fortschritte der Beweglichkeit brachten, folgte 5 Wochen postoperativ eine Mobilisation des Kniegelenkes in Narkose.

Mit Teilbelastung der operierten Extremität wurde meistens ab der 7. bis 8. Woche postoperativ begonnen. Dabei wurden zur Entlastung Unterarm-Gehstützen verwendet. In einem Einzelfall (Fall Nr. 45, 10-jährige Schülerin) war die Teilbelastung bereits ab der 5. Woche postoperativ möglich.

Bei den komplikationslos verlaufenen Fällen erfolgte die volle Belastung der Extremität in der Regel in der 10. bis 14. Woche. Bei den Fällen mit verzögerter Bruchheilung bzw. bei den primär komplizierten Fällen entsprechend später.

Seit 1976 wurde auch eine entsprechende Nachbehandlung mit Bewegungsbädern durchgeführt.

#### d. Postoperative Komplikationen.

Der postoperative Wundheilungsverlauf war bei 13 Patienten (86,6 Prozent) ohne jede Störung. Bei 2 Fällen wurden oberflächliche Wundheilungsstörungen mit leichten Wundrandinfektionen mit verzögerter Narbenbildung registriert. Diese Wundheilungsstörungen klangen unter entsprechender Behandlung mit feuchten Verbänden und lokaler Antibiotika-Pudertherapie ab.

Schwerwiegende Komplikationen traten nach der Oberschenkelbündelnagelung bei keinem Patienten auf, insbesondere keine Pseudarthrosen. Die im Fall Nr. 50 postoperativ aufgetretene Peroneusparese resultierte aus der gleichzeitigen Operation am gleichen Unterschenkel. Bei Fall Nr. 42 kam es zu der bereits erwähnten leichten Knieversteifung, die durch eine Mobilisation in Narkose weitgehend beseitigt werden konnte. In einem Fall (Nr. 43) kam es medial im Bereich der Querfraktur zur Entwicklung einer 9 cm langen bogenförmigen periostalen Knochenspange und einer von außen tastbaren Reizcallusbildung von doppelter Schaftbreite. Zusätzlich trat eine Muskelfascienhernie im Narbenbereich auf, die bei der Bündelnagelentfernung entsprechend korrigiert wurde.

Auch sonstige Komplikationen wie Osteomyelitis, Fettembolie, Nagelbruch, Sudeck-Syndrom oder Metallose traten in keinem Fall auf.

### 11. Dauer des Klinik-Aufenthaltes

Die bei den 14 Patienten mit frischen Oberschenkelfrakturen und Umstellungsosteotomien erforderliche Zeit der gesamten stationären Behandlung betrug im Mittel 86,5 Tage (21 bis 248 Tage), wobei die Entlassung durchschnittlich am 67. postoperativen Tag erfolgte. Die Dauer des Klinikaufenthaltes bei den frischen Oberschenkelfrakturen betrug im Mittel 68,1 Tage. Bei dieser Auswertung wurde der Patient mit der Pseudarthrose nicht berücksichtigt, da sich dieser insgesamt 1 1/2 Jahre in stationärer Behandlung befand.

### 12. Befund bei Entlassung

Von den 15 in Kutznerberg bündelgenagelten Patienten wurden 7 (46,6 Prozent) mit völlig reizlosen Narbenverhältnissen und uneingeschränkter Beweglichkeit in Knie- und Hüftgelenk entlassen. Bei der Entlassung wurde bei einzelnen Fällen noch eine entlastende Stockstütze gebraucht, das operierte Bein war jedoch mit Ausnahme eines Falles, der mit Beckengips entlassen wurde und später zur Gipsabnahme wiederum stationär aufgenommen wurde, voll belastbar.

Bei 6 Patienten (40 Prozent) fand sich eine mäßige bis deutliche schmerzhafteste Bewegungseinschränkung im angrenzenden Kniegelenk, mit Ausnahme des Pseudarthrose-Patienten war die Beugung im Kniegelenk bei der Entlassung jedoch immer um mindestens 90° möglich. Eingeschlossen ist hier auch der Fall mit dem postoperativen Kniegelenkserguß nach Fehlnagelung mit Tangierung der Gelenkhöhle. Bei dem Patienten mit der korrigierten Coxa vara fand sich eine deutliche konzentrische Bewegungseinschränkung des Hüftgelenkes, diese war jedoch auch schon vor der Operation deutlich behindert. Bei einem Patienten war die Beweglichkeit im Hüft- und Kniegelenk bei der Entlassung leicht behindert.

Wie bereits erwähnt, bestand bei einem Patienten bei der Entlassung eine Muskelfascienhernie im Operationsnarbenbereich, die später bei der Bündelnagelentfernung beseitigt wurde.

Zu einer bleibenden Bewegungseinschränkung im Kniegelenk kam es nur bei 2 Patienten, dabei ist auch der Patient mit den Pseudarthrosen am Ober- und Unterschenkel und der anschließenden langen Gipsfixation eingeschlossen.

### 13. Nagelentfernung

Von den 15 mit Bündelnägeln im Oberschenkelbereich versorgten Patienten kam 1 Patient nicht zur Nagelentfernung (Fall Nr. 51). Es handelte sich dabei um eine Umstellungsosteotomie bei einer 53-jährigen Bäuerin. Bei den übrigen 14 Patienten (93,3 Prozent) wurden die Bündelnägel in Kutzenberg entfernt.

Die durchschnittliche Dauer zwischen der Bündelnagelung und der Nagelentfernung betrug 13,9 Monate (3 bis 27 Monate).

Bei sämtlichen Patienten verlief die Bündelnagelentfernung komplikationslos. Auch die oberflächliche Wundheilung war in keinem Fall kompliziert. Bei sämtlichen Patienten wurde die Entfernung der Bündelnägel bei knöcherner Festigkeit der Fraktur bzw. der Umstellungsosteotomie durchgeführt.

Auffällige klinische Befunde fanden sich bei der Entlassung nach erfolgter Bündelnagelentfernung nur bei 2 Patienten: Der Patient mit der Pseudarthrose am Ober- und Unterschenkel (Fall Nr. 50) wurde bereits früher ausführlich beschrieben. Sichere pathologische Folgen der Oberschenkelbündelnagelung konnten nicht festgestellt werden, es bestand jedoch bei der Entlassung nach Bündelnagelentfernung noch eine deutliche Bewegungseinschränkung im Kniegelenk, die maximale Streckung betrug  $170^{\circ}$ , die Beugung betrug  $90^{\circ}$ . Zu berücksichtigen ist dabei die lange Gipsfixation, die sicherlich diese Bewegungseinschränkung im Kniegelenk bewirkte.

Bei dem Patienten mit der korrigierten Coxa vara (Fall Nr. 54) fand sich bei der Entlassung nach Bündelnagelentfernung ein CCD-Winkel von  $140^{\circ}$ . Eine Beinlängendifferenz konnte nicht festgestellt werden. Die Beweglichkeit im linken Hüftgelenk war noch leicht behindert.

Bei allen übrigen Patienten war die Gelenkfunktion bei der Entlassung nach erfolgter Entfernung der Bündelnägel uneingeschränkt, der Gang unauffällig.

Die Dauer der stationären Behandlung betrug bei der Bündelnagelentfernung durchschnittlich 18,8 Tage. Bei einer Patientin wurden die Bündelnägel noch während des nagelungsbedingten stationären Aufenthaltes nach 3 Monaten entfernt.

Sonstige stationäre Behandlungen, welche in direktem Zusammenhang mit der Oberschenkelnagelung standen, waren bei den 15 Patienten - soweit in den Unterlagen angegeben - nicht erforderlich.

### C. Oberarm

Die Verteilung des Geschlechtes, des Alters, der Unfallart und des Berufs erfolgte bereits in Abschnitt III.

#### 1. Unfallentstehung

Eine Aufschlüsselung der Art des Unfalles zeigt die folgende Tabelle 37.

| Tätigkeit der Verletzten<br>zum Unfallzeitpunkt | Zahl der<br>Oberarmfrakturen |
|-------------------------------------------------|------------------------------|
| Arbeitsunfall (vom Baugerüst gestürzt)          | 1                            |
| PKW-Fahrer                                      | 1                            |
| Zweirad-Beifahrer                               | 1                            |
| Fußgänger (von Auto erfaßt)                     | 1                            |
| Sturz auf der Straße                            | 1                            |
| Sportunfall                                     | 1                            |
|                                                 | <hr/>                        |
| Gesamt                                          | 6                            |

Tabelle 37 - Tätigkeit der Verletzten zum Unfallzeitpunkt

In einem Fall handelte es sich um einen Flaschner, der von einem Baugerüst ca. 3 Meter hinunter auf den Boden stürzte.

## 2. Bruchart und Lokalisation

Bei den 6 Oberarmfrakturen handelte es sich in allen Fällen um geschlossene Frakturen.

Bei 5 Verunfallten waren frische Frakturen gegeben, in einem Fall (Nr. 61) bestand eine Pseudarthrose. Bei diesem Patienten war zunächst 6 Tage nach dem Unfall eine Rush-Pinnung und anschließend eine Oberarm-Gipsfixation durchgeführt worden, 3 Monate später zeigte sich nach Abnahme des Gipsverbandes eine abnorme Beweglichkeit im Bereich der ehemaligen Frakturstelle bei Pseudarthrose, es wurde zusätzlich eine Bündelnagelung durchgeführt.

Die Art der Frakturen verteilte sich folgendermaßen:

a. Einspaltbrüche: Insgesamt 5.

Davon Querbrüche 1.

Kurze Schrägbrüche 2.

Lange Schrägbrüche (Torsionsfrakturen) 2.

b. Zweispaltbrüche: Insgesamt 1.

Dieser mit kleinem Biegegskeil.

Bei der Pseudarthrose handelte es sich primär um eine Torsionsfraktur mit langem Flötenschnabel.

Auch im Oberarmbereich wurden die Frakturen nach ihrer Lokalisation in den verschiedenen Sechsteln des Knochens unterteilt. Die Aufteilung der verschiedenen Brucharten auf die entsprechenden Oberarm-Abschnitte geht aus Tabelle 38 hervor.

| Lokalisation | Einspaltbrüche | Zweispaltbrüche |
|--------------|----------------|-----------------|
| 3. Sechstel  | 1              | -               |
| 4. Sechstel  | 2              | 1               |
| 5. Sechstel  | 2              | -               |

Tabelle 38 - Verteilung der Bruchart auf die entsprechenden Humerusabschnitte

Auf der Abbildung VII ist nochmals übersichtlich die Aufteilung der verschiedenen Frakturarten und deren Lokalisation in den betreffenden Humerusabschnitten dargestellt.

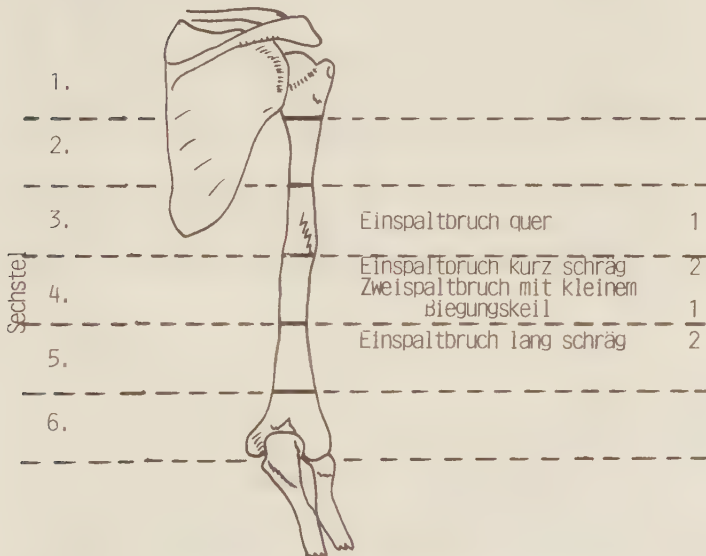


Abb. VII - Lokalisation der verschiedenen Oberarmfrakturen

### 3. Indikationsgrad

Der spezielle Indikationsgrad ergibt sich für die Einspaltbrüche am Oberarm aus der Abbildung VIII. Die Lage der Bruchzone wurde in Sechstel der Knochenlänge eingeteilt. Das Indikationsschema gilt sowohl für die absteigende als auch für die aufsteigende Bündelnagelung am Oberarm, in Kutzenberg wurden jedoch nur absteigende Nagelungen durchgeführt.

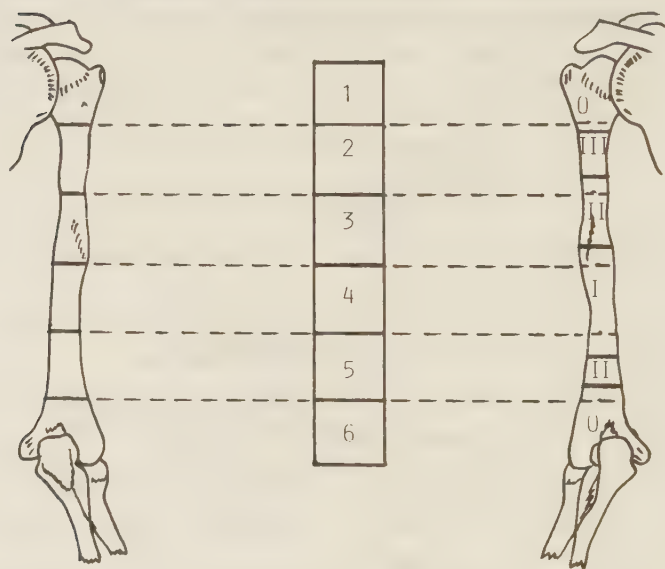


Abb. VIII - Indikationsschema für die Bündelnagelung am Humerus nach Hackethal in der Beck'schen Modifikation. Die Indikationsgrade sind auf kurze Einspaltbrüche bezogen. Bei langen, mehreren Indikationsbereiche betreffenden Brüchen ist der ungünstigere, bei Trümmerbrüchen und Zweispaltbrüchen der nächst niedrigere Indikationsgrad anzunehmen.

Wie bei den Unter- und Oberschenkelfrakturen wurden die Oberarmbrüche entsprechend ihrer Bruchart auf die einzelnen Indikationsgrade in der folgenden Tabelle 39 aufgeteilt.

| Indikationsgrad | Einspaltbrüche | Zweispaltbrüche |
|-----------------|----------------|-----------------|
| I               | 2              | -               |
| II              | 2              | 1               |
| III             | 1              | -               |

Tabelle 39 - Verteilung der Brucharten im Bereich des Oberarmes auf die einzelnen Indikationsgrade.

Zu dieser Tabelle 39 ist zu bemerken, daß es sich bei dem Fall mit Indikationsgrad III um einen langen Schrägbruch im 5. Sechstel handelte, deswegen wurde der nächst niedere Indikationsgrad angenommen. Dieser Fall (Nr. 61) beinhaltete gleichzeitig die Pseudarthrose. Auch bei dem Zweispaltbruch wurde aus dem gleichen Grund nach dem Beck'schen Schema der Indikationsgrad II gewählt, obwohl dieser Zweispaltbruch im 4. Sechstel lokalisiert war.

Insgesamt wurden im Oberarmbereich 2 Bündelnagelungen mit dem Indikationsgrad I durchgeführt, 3 Nagelungen mit dem Indikationsgrad II und 1 Nagelung mit dem Indikationsgrad III.

#### 4. Präoperative Frakturstellung und Dislokationsgrad

Zur Auswertung gelangten sämtliche 6 Fälle einschließlich der Pseudarthrose. Die präoperativen Winkelfehlstellungen wurden wie bei den Ober- und Unterschenkelfrakturen auf den Röntgenbildern ausgemessen. Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht über die entsprechenden Verschiebungen, wobei wiederum stufenweise von 5<sup>0</sup> Winkelunterschieden ausgegangen wurde.

| dislocatio        | 0° | bis 5° | bis 10° | bis 15° | bis 20° | bis 25° | bis 30° |
|-------------------|----|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| varus             | 2  | -      | 3       | -       | 1       | -       | -       |
| ad valgus         | 4  | -      | 1       | -       | -       | -       | 1       |
| axim antecurv.    | 3  | -      | -       | 1       | -       | -       | 2       |
| recurv.           | 5  | -      | -       | 2       | -       | -       | -       |
| ad peripheram     | 1  | 2      | 1       | 1       | 1       | -       | -       |
| (Rotationsfehler) |    |        |         |         |         |         |         |

Tabelle 40 - Präoperative Dislokationsgrade der Oberarmfrakturen in Grad der Abweichung.

Auf die Prozentangaben wurde wegen der geringen Gesamtzahl verzichtet.

Die präoperativ vorhandene seitliche Verschiebung (dislocatio ad latus) zeigt die anschließende Tabelle 41.

|            |   |    |       |      |
|------------|---|----|-------|------|
| dislocatio | 0 | CB | HSchB | SchB |
| ad latus   | - | 1  | 2     | 3    |

Tabelle 41 - Präoperative seitliche Verschiebung angegeben in

0 = keine Verschiebung

CB = Verschiebung um Corticalisbreite

HSchB = Versetzung um halbe Schaftbreite

SchB = Versetzung um Schaftbreite und darüber

Bei den vorhandenen Längenverschiebungen, wobei mit Ausnahme eines Falles immer eine Verkürzung bestand, wurde der Abstand der Frakturenden voneinander in 5 mm-Abständen angegeben. Die folgende Tabelle 42 zeigt die Auswertung.

|                  |   |       |        |        |           |
|------------------|---|-------|--------|--------|-----------|
| dislocatio       |   |       |        |        |           |
| ad longitudinem  | 0 | bis 5 | bis 10 | bis 15 | bis 20 mm |
| cum contractione | 1 | 1     | -      | 2      | 2         |

Tabelle 42 - Präoperative Verkürzung der Oberarmfrakturen angegeben in Millimetern

## 5. Nebenverletzungen

In 2 Fällen waren außer der Oberarmfraktur Nebenverletzungen vorhanden. In keinem Falle handelte es sich dabei um leichte Nebenverletzungen, bei beiden Patienten lagen zusätzliche Frakturen vor. Bei Fall Nr. 56 handelte es sich um eine Ulnafraktur am gleichen Arm sowie um Frakturen der Processus transversi des LWK II bis V links. Zusätzlich bestand eine Nierenprellung links. Bei dem Patienten Nr. 59 bestand gleichzeitig eine Oberschenkel-Trümmerfraktur am contralateralen Bein sowie ein Schädel-Hirn-Trauma II. Grades. Primäre Nervenschädigungen am verletzten Oberarm lagen in keinem Fall vor. Bei der pseudarthrotisch verheilten Oberarmfraktur (Fall Nr. 61) bestanden keine Nebenverletzungen.

## 6. Vorbehandlung

Von den 6 Fällen wurden 2 Patienten vorbehandelt, davon einer in einem auswärtigen Krankenhaus. Dieser Patient (Fall Nr. 59) bekam zunächst nach dem Unfall einen Oberarm-Gipsverband, der zunächst 1 Monat belassen wurde. Wegen der erheblichen Fehlstellung im Frakturbereich wurde dann doch die Bündelnagelung durchgeführt.

Einer der Verunfallten wurde in der Orthopädie Kutzberg vorbehandelt (Fall Nr. 61). Dabei handelte es sich um einen Autounfall mit einem langen Schrägbruch des Oberarmes im 5. Sechstel. Es wurde zunächst eine vertikale Olecranon-Drahtextension mit 5 Kilogramm Extensionsgewicht angelegt. Die anschließenden Röntgenkontrollen zeigten eine erhebliche Achsenabknickung sowie Verschiebung um volle Schaftbreite trotz Extension. Die Fraktur wurde deshalb 6 Tage nach dem Unfall mit einem Rush-Pin versorgt. Es bestand postoperativ eine deutliche Varusknickbildung auf der a.p.-Aufnahme. Es wurde zusätzlich eine Immobilisation im Oberarm-Gipsverband für 3 Monate durchgeführt. Nach Gipsabnahme zeigte sich sofort eine abnorme Beweglichkeit im ehemaligen Frakturbereich, röntgenologisch bestand eine Pseudarthrose. Es wurde deshalb der Entschluß zur zusätzlichen Stabilisierung durch Bündelnagelung gefaßt.

Bei 4 Patienten mit Oberarmfrakturen wurde keine spezielle Vorbehandlung durchgeführt, bei 2 Fällen wurde der verletzte Arm bis zum Operationszeitpunkt auf eine Abduktionsschiene gelagert.

Einen Überblick gibt nochmals die folgende Tabelle 43.

|                                                         | Vorbehandlung |               |
|---------------------------------------------------------|---------------|---------------|
|                                                         | auswärtig     | in Kutzenberg |
| Oberarmgipsverband                                      | 1             | -             |
| Olecranon-Drahtextension und anschließende Rush-Pinnung | -             | 1             |
| Keine (bzw. präoperative Schienenlagerung)              | -             | 4             |

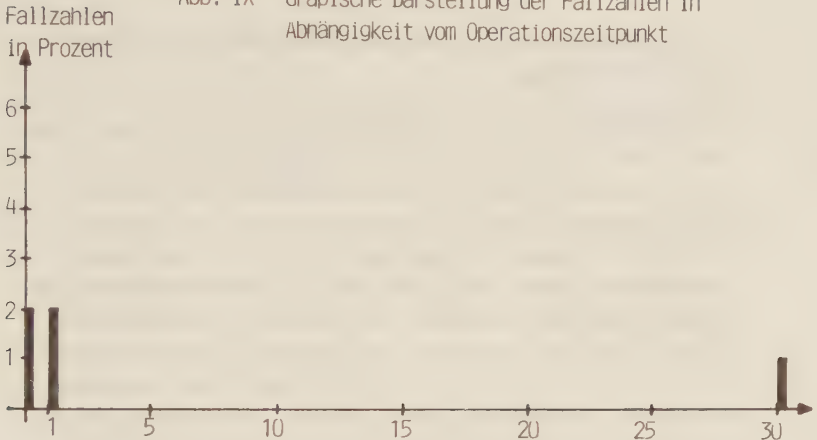
Tabelle 43 - Verteilung der durchgeführten Vorbehandlung bei den Humerusfrakturen

## 7. Operationszeitpunkt

Von den 6 in Kutzenberg bündelgenagelten Oberarmfrakturen gelangten 4 Fälle innerhalb des Unfalltages und des 1. Tages nach dem Unfall zur operativen Versorgung (2 Patienten wurden noch am Unfalltag operiert, 2 Patienten am darauffolgenden Tag), 1 Patient (Fall Nr. 59) wurde genau einen Monat nach dem Unfall bündelgenagelt, es handelte sich dabei um den Patienten mit dem auswärtig angelegten Oberarmgips. Der Patient mit der Pseudarthrose (Fall Nr. 61) wurde 3 1/2 Monate nach dem Unfall mit einer Bündelnaegelung operativ versorgt.

Die graphische Darstellung der genagelten Oberarmfrakturen in Abhängigkeit vom Operationszeitpunkt ergibt die Abbildung IX.

Abb. IX - Graphische Darstellung der Fallzahlen in Abhängigkeit vom Operationszeitpunkt



#### 8. Operationsverlauf

Grundsätzlich kann man die Bündelnagelung des Oberarmes ab- oder aufsteigend durchführen. Bei den 6 in Kutzenberg operierten Fällen erfolgte ausnahmslos die absteigende Nagelung, es wurden auch nur Frakturtypen im distalen 3. Sechstel, im 4. Sechstel und im 5. Sechstel versorgt. Bei den vollapparativ reponierten Frakturen wurde in der von Hackethal vorgeschlagenen Art und Weise vorgegangen. In der ersten unsterilen Phase wurden die Brüche mit Hilfe des Viermastkranes unter röntgenologischer Bildwandlerkontrolle reponiert und fixiert. Eine Blutleere wurde nicht angelegt. Anschließend wurde in der sterilen Phase nach entsprechender steriler Abdeckung ein Knochenfenster nach Längsdurchtrennung des Deltamuskels im Bereich des Tuberculum majus dorsal des Sulcus aufgemeißelt. Die teilweise vorgeschränkten Nägel wurden soweit möglich vorgetrieben und in der Spongiosa der Oberarmcondylen verteilt. Nach Einbringen von 2 - 3 Bündelnägeln wurde die Extension nachgelassen und eine Stauchung durchgeführt. In einzelnen Fällen wurde der konvergierende Trichter mit Verkeilungsnägeln aufgefüllt. Nach Abschneiden der Nagelenden ca. 2 - 3 mm über der Corticalis erfolgte eine nochmalige Bildwandlerkontrolle, dann wurde die Operationswunde ohne Saugdrainage verschlossen und der Arm postoperativ elastisch gewickelt sowie auf eine Abduktionsschiene gelagert. Sofort post-

operativ wurden noch im Operationssaal Röntgenkontrollbilder in 2 Ebenen angefertigt.

Bei 4 Patienten mit frischen Oberarmfrakturen sowie bei dem Patienten mit der Oberarm-Pseudarthrose erfolgte die Reposition vollapparativ mit dem Viermastkran unter Bildwandlerkontrolle während der präoperativen unsterilen Phase. Dabei gestaltete sich die Reposition bei einem Patienten (Fall Nr. 59) sehr schwierig, da röntgenologisch bereits wolkige Callusbildungen im Frakturbereich vorlagen. Es gelang jedoch nach längerem Repositionsmanöver, eine achsengerechte Stellung herzustellen. Bei einer frischen Oberarmfraktur wurde keine präoperative Reposition mit dem Viermastkran durchgeführt, die Reposition erfolgte beim Einschlagen der Bündelnägel (Fall Nr. 57). Eine blutige Reposition war in keinem Fall erforderlich.

Einen Überblick über die erfolgten Repositionsarten gibt die folgende Tabelle 44.

| Repositionsart                      | Fallzahl |
|-------------------------------------|----------|
| vollapparativ<br>(mit Viermastkran) | 5        |
| Keine präoperative<br>Reposition    | 1        |

Tabelle 44 - Verteilung der Repositionsarten bei den Oberarmfrakturen

Im Durchschnitt wurden pro Fall 3,5 Bündelnägel (die Einzelzahl lag zwischen 3 und 5 Stück einschließlich der Verkeilungsnägel) verwendet. Maximal 1 Verkeilungsnägel kam bei 4 Patienten zur Anwendung. Die genaue Verteilung der Bündelnägellanzahl auf die einzelnen Fälle zeigt Tabelle 45.

| Anzahl der Bündelnägel | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------------------|---|---|---|---|---|
| Fallzahlen             | - | - | 4 | 1 | 1 |

Tabelle 45 - Anzahl der verwendeten Bündelnägel im Vergleich zu den Fallzahlen

Bei der Pseudarthrose wurden 3 Bündelnägel (einer vorgeschränkt, 2 Verkeiler) verwendet. Hier lag jedoch präoperativ bereits ein Rush-Pin, der in der Markhöhle belassen wurde. Es gelang deshalb in diesem Fall (Nr. 61) nur, einen Nagel über die Fraktur in den distalen Humerus einzubringen.

Wie bereits erwähnt, wurden sämtliche 6 Oberarm-Bündelnagelungen absteigend, d.h. vom Tuberculum majus aus, durchgeführt. Aufsteigende Oberarm-Nagelungen erfolgten bisher in der Orthopädie Kutzenberg nicht. Aufweitungen der Markhöhle mit dem Bohrer waren bei keinem Patienten erforderlich. Sämtliche Oberarm-Bündelnagelungen wurden geschlossen durchgeführt.

Intraoperative bzw. sofortige postoperative Komplikationen traten bei keinem Patienten auf. Insbesondere ergab sich keine intraoperative Radialisschädigung. Auch Markraumsprengungen oder Fehlnagelungen wurden nicht beobachtet.

#### 9. Postoperative Frakturstellung und Stabilität

Die entsprechenden Winkelgrade wurden wie in Abschnitt A 9. und B 9. auf den direkt postoperativ angefertigten Röntgenbildern ausgemessen. Die folgende Tabelle 46 zeigt die Verteilung der entsprechenden Dislokationen, die postoperativ noch vorhanden waren.

| dislocatio        | 0° | bis 5° | bis 10° | bis 15° | bis 20° |
|-------------------|----|--------|---------|---------|---------|
| varus             | 5  | -      | -       | -       | 1       |
| ad valgus         | 6  | -      | -       | -       | -       |
| axim antecurv.    | 6  | -      | -       | -       | -       |
| recurv.           | 6  | -      | -       | -       | -       |
| ad peripheram     | 4  | 1      | 1       | -       | -       |
| (Rotationsfehler) |    |        |         |         |         |

Tabelle 46 - Postoperative Winkelabweichung der bündelgenagelten Oberarmfragmente in Grad.

In dieser Tabelle 46 wurde - wie auch in den folgenden Tabellen - auf eine prozentuale Aufteilung wegen der geringen Fallzahl verzichtet.

Die Verhältnisse bei den postoperativen seitlichen Verschiebungen zeigt die nächste Tabelle 47.

|            |   |    |       |      |
|------------|---|----|-------|------|
| dislocatio | 0 | CB | HSchB | SchB |
| ad latus   | 4 | 2  | -     | -    |

Tabelle 47 - Postoperative seitliche Versetzung der Frakturenden angegeben in

0 = keine Verschiebung

CB = Verschiebung um Corticalisbreite

HSchB = Versetzung um halbe Schaftbreite

SchB = Versetzung um Schaftbreite und mehr

Postoperative Längenverschiebungen traten wie bei den Unterschenkel-frakturen nur im Sinne einer Distraktion bzw. Diastase der Frag-mente auf. Der Abstand der Frakturenden wurde in 2-Millimeter-Stufen angegeben. Die folgende Tabelle 48 zeigt die resultierenden Messungen.

|                  |   |       |       |       |          |
|------------------|---|-------|-------|-------|----------|
| dislocatio       |   |       |       |       |          |
| ad longitudinem  | 0 | bis 2 | bis 4 | bis 6 | bis 8 mm |
| cum distractione | - | 1     | 1     | 4     | -        |

Tabelle 48 - Postoperative Diastase der Fragmente angegeben in Millimetern.

Die Unterteilung der postoperativen Stabilität wurde wie bei den bereits beschriebenen Unter- und Oberschenkelfrakturen vorgenommen. Die Tabelle 49 zeigt einen Überblick über die postoperativen Stabilitätsverhältnisse der bündelgenagelten Oberarmknochen mit Einschluß der Pseudarthrose

|            |                   |            |          |
|------------|-------------------|------------|----------|
| Stabilität | voll übungsstabil | teilstabil | instabil |
| Fallzahlen | 4                 | -          | 2        |

Tabelle 49 - Postoperative Stabilität der genagelten Oberarmknochen

## 10. Postoperativer Verlauf

### a. Zusätzliche Fixation.

Bei den 4 zunächst übungsstabil genagelten Oberarmfrakturen wurde postoperativ nur eine Lagerung auf Abduktionsschiene (2 Fälle) oder auf Kramer-Schiene (ebenfalls 2 Fälle) für 1 - 2 Wochen bis zur Aufnahme von aktiven Bewegungsübungen durchgeführt. Die beiden Patienten mit instabilen Nagelungsverhältnissen erforderten beide sofort postoperativ eine Oberarmgipsfixation, in einem Fall (Nr. 59) wurde der Arm zusätzlich auf einer Abduktionsschiene gelagert. Es handelte sich dabei um folgende Fälle:

Fall Nr. 59, weibliche Patientin 29 Jahre: Kurze Schrägfraktur im proximalen Bereich des 4. Sechstel. Als Nebenverletzungen lagen gleichzeitig eine contralaterale Oberschenkeltrümmerfraktur sowie ein Schädel-Hirn-Trauma II. Grades vor. Die Patientin war nach dem Unfall in einem auswärtigen Krankenhaus zunächst konservativ mit einem Oberarm-Gipsverband versorgt worden. Wegen einer erheblichen Fehlstellung im Gipsverband wurde dann die Bündelnagelung in der Orthopädie Kutenberg durchgeführt, zu diesem Zeitpunkt lagen bereits beginnende Callusbildungen im Frakturbereich vor. Die Fraktur wurde mit 3 Bündelnägeln versorgt, die anschließende postoperative Frakturstellung war völlig achsengerecht, die Markhöhle war jedoch nicht mit Bündelnägeln ausgefüllt. Es wurde deshalb sofort postoperativ ein Oberarmgipsverband angelegt, der 10 Wochen belassen werden mußte. Zusätzlich erfolgte für 8 Wochen eine Lagerung auf Abduktionsschiene. Der weitere Verlauf war bis auf eine ausgeprägte spangenförmige Callusbildung im medialen Frakturbereich komplikationslos.

Fall Nr. 61, männlicher Patient, 40 Jahre: Primär lag eine lange Schrägfraktur im Bereich des 5. Sechstel nach Autounfall vor. Nach zunächst konservativer Therapie mit vertikaler Drahtextension wurde wegen einer erheblichen seitlichen Versetzung der Fragmente um volle Schaftbreite 6 Tage nach dem Unfall eine operative Versorgung mit einem Rush-Pin vorgenommen. Wegen einer trotzdem verbliebenen deutlichen Varusabknickung wurde zusätzlich ein Oberarmgipsverband für 3 Monate angelegt. Nach der Gipsabnahme zeigte sich eine abnorme Beweglichkeit im ehemaligen Frakturbereich, auch röntgenologisch bestand eine deutliche Pseudarthrose. 3 1/2 Monate nach dem Unfall wurde dann die Bündelnagelung durchgeführt, wobei der Rush-Pin belassen wurde. Es wurden 3 Bündelnägel eingeschlagen, wobei jedoch nur 1 Nagel zusammen mit dem bereits vorhandenen Rush-Pin die Fraktur überbrückte. Wegen der bereits vorbestehenden Pseudarthrose und der offensichtlich instabilen Nagelungsverhältnisse wurde ein Oberarmgipsverband sofort postoperativ angelegt, der insgesamt 5 Monate belassen wurde. Es kam jedoch auch dadurch nicht zu der erhofften Heilung der Pseudarthrose.

Bei einem Patienten (Fall Nr. 56) wurde zunächst nach der Bündelnagelung mit 3 Bündelnägeln eine volle Übungsstabilität angenommen. Bei diesem Patienten lag gleichzeitig eine gleichseitige Ulnafraktur links vor, die zusammen mit der Bündelnagelung mit einer 3-Loch-Halbrohrplatte osteosynthetisch versorgt wurde. Wegen einer verzögerten Knochenheilung wurde jedoch dann 4 Wochen nach der Operation ein Thorax-Arm-Gipsverband angelegt, der 2 1/2 Monate belassen wurde.

Insgesamt wurde somit bei 3 Patienten eine postoperative Fixation mit Gipsverbänden vorgenommen.

#### b. Infektionsprophylaxe.

Bei 5 Patienten wurde intraoperativ und postoperativ Antibiotica-Prophylaxe durchgeführt. Dabei wurden Breitspektrum-Antibiotica und Tetracycline maximal für die Dauer von 3 Wochen verwendet. Ein Patient stand postoperativ nicht unter Antibioticaschutz.

#### c. Medico-mechanische Nachbehandlung.

Bei den Übungsstabil versorgten Oberarmfrakturen erfolgte die Freigabe von der Schiene zur aktiven Übungsbehandlung nach Entfernung der Hautfäden am 12. bis 14. postoperativen Tag. Spezielle krankengymnastische Nachbehandlung wurde in keinem Fall durchgeführt. Die Patienten wurden zu selbsttätigen aktiven Bewegungsübungen sowie isometrischer Muskelgymnastik angeleitet.

#### d. postoperative Komplikationen.

Der postoperative Heilverlauf fand bei 4 Patienten ohne jede Störung statt. Bei 2 Fällen traten postoperative Komplikationen auf. Dabei trat bei einem Patienten (Fall Nr. 60) eine oberflächliche Wundheilungsstörung sowie eine vorübergehende Radialisparese auf. Im anderen Fall kam die mit Bündelnägeln versorgte Pseudarthrose (Patient Nr. 61) nicht zur Ausheilung.

Die genaueren Fallbeschreibungen sollen hier wiedergegeben werden:

Fall Nr. 60, männlicher Patient, 31 Jahre: Primär kurzer Schrägbruch im 4. Sechstel. Die komplikationslose Bündelnagelung erfolgte noch am Unfalltag, anschließende Übungsstabilität war gegeben. Der verletzte Arm war postoperativ für 2 Wochen auf einer Kramer-Schiene fixiert. Zunächst bestand eine oberflächliche Wundheilungsstörung in Form eines oberflächlichen Seroms im unteren Narbenbereich, das jedoch reizlos abheilte. 6 Wochen nach der Operation trat plötzlich eine deutliche motorische Radialisschwäche auf, die als Folge der ausgeprägten Callusbildungen im Frakturbereich gedeutet wurde. Im Verlauf der nächsten Monate kam es jedoch zu einer spontanen Rückbildung der leichten Radialis-Lähmungserscheinungen, 9 Monate nach dem Unfall und der Bündelnagelung waren keine neurologischen Ausfälle an dem betroffenen Arm mehr nachweisbar.

Fall Nr. 61, männlicher Patient, 40 Jahre: Der Krankheitsverlauf bei diesem Patienten wurde bereits auf Seite 68 ausführlich dar-

gestellt. Hier wurde erst 3 1/2 Monate nach dem Unfall die Bündelnagelung mit 3 Bündelnägeln durchgeführt, wobei jedoch nur 1 Nagel zusammen mit dem bereits vorhandenen Rush-Pin die Fraktur überbrückte. Zur Stabilisierung der instabilen Nagelungsverhältnisse und wegen der bereits vorbestehenden Pseudarthrose wurde anschließend sofort postoperativ ein Oberarmgipsverband angelegt, der 5 Monate belassen wurde. Die laufenden Röntgenkontrollen zeigten nur eine sehr zögernde Callusbildung, der Bruch schien sich jedoch röntgenologisch langsam zu stabilisieren. Bei der Entlassung 2 Monate nach der Bündelnagelung wurde der Gipsverband zur Schale geschnitten, in den Krankenblattunterlagen ist vermerkt, daß die Oberarm-Pseudarthrose angeblich klinisch fest gewesen sei. Es wurde jedoch auch weiterhin Oberarm-Gipsimmobilisation durchgeführt. Der Gipsverband wurde 3 Monate nach Entlassung (insgesamt 5 Monate Gipsfixation) des Patienten vom Hausarzt ohne weitere Maßnahmen entfernt, es erfolgte dabei auch keine Röntgenkontrolle. Die Bündelnagelentfernung erfolgte 8 Monate postoperativ bei angeblich festen Knochenverhältnissen im Pseudarthrosenbereich.

Die nächste Vorstellung des Patienten erfolgte dann erst wieder 2 Jahre nach der Bündelnagelung. Der Verletzte klagte bei dieser Vorstellung über zunehmende Beschwerden im linken Arm mit Pelzigkeitsgefühl und Brennen in den Fingern IV und V. Er könne auch nicht mehr richtig fest zupacken und heben, es würden dabei starke Schmerzen im ehemaligen Frakturbereich auftreten. Der klinische Befund ergab eine weitgehend freie Beweglichkeit im linken Schultergelenk bis auf eine leichte Einschränkung der Elevation. Der linke Oberarm war deutlich im Varussinne deformiert. Am Scheitelpunkt der Varuskrümmung fand sich eine tastbare stark vorspringende überschießende Callusbildung. Es fand sich ein Streckdefizit im linken Ellenbogengelenk von  $10^0$ , die Beugung war um  $80^0$  möglich. Bei der Röntgen-Bildwandlerkontrolle ergab sich ein durchgehend erkennbarer alter Pseudarthrosenspalt, das distale Ende des ehemals ausgesprengten Biegungskeiles hatte keinen knöchernen Kontakt. Es zeigte sich auch bei dieser Bildwandler-Kontrolle eine deutliche pathologische Beweglichkeit im ehemaligen Pseudarthrosenbereich.

Der Patient wurde erneut stationär aufgenommen und ein Kompaktspan operativ in den Pseudarthrosenbereich eingebracht. Auch dadurch konnte jedoch die Pseudarthrose nicht stabilisiert werden, eine knöcherne Heilung trat wiederum nicht ein. Den nochmaligen Vorschlag zur Reoperation mit Plattenosteosynthese schlug der Verletzte aus und stellte sich nicht mehr vor. Über den weiteren Verlauf ist deshalb nichts mehr bekannt.

Eine knöcherne Heilung konnte deshalb durch die durchgeführte Bündelnagelung nicht erreicht werden, es bestand weiterhin eine Pseudarthrose.

Sonstige wesentliche postoperative Komplikationen traten nicht auf.

#### 11. Dauer des Klinikaufenthaltes

Die stationäre Aufenthaltsdauer bei den 4 Patienten mit frischen Oberarmfrakturen, die nicht vorbehandelt wurden (Patient Nr. 56, Nr. 57, Nr. 58, Nr. 60) betrug im Mittel 27 Tage (23 - 29 Tage). Rechnet man die beiden komplizierten Fälle (Nr. 59 und Nr. 61) dazu, so ergibt sich ein durchschnittlicher erheblich längerer Klinikaufenthalt von 77,6 Tage. In dem Fall Nr. 59 resultiert die lange stationäre Aufenthaltsdauer (6 Monate und 7 Tage) aus den Nebenverletzungen (contralaterale Oberschenkeltrümmerfraktur sowie Schädel-Hirntrauma II. Grades), bei dem anderen Patienten mit der sehr langen stationären Liegedauer (5 1/2 Monate) war die Pseudarthrose schuld, die sich trotz Bündelnagelung auch in der Folgezeit nicht stabilisierte.

#### 12. Befund bei Entlassung

Bei der Entlassung bestanden bei allen bündelgenagelten Patienten mit Oberarmfrakturen reizlose äußere Narbenverhältnisse.

Ein Patient wurde mit liegendem Thoraxgips entlassen (Fall Nr. 56), hier war auch eine gleichzeitige Ulnafraktur vorhanden. Der Thorax-Armgipsverband wurde 2 1/2 Monate belassen. Auch ein anderer Patient (Nr. 61) wurde mit einem Oberarmgipsverband, der bei der Entlassung

zur Schale geschnitten wurde, entlassen, es handelte sich hierbei um eine Pseudarthrose.

Bei den übrigen 4 Patienten war bei der Entlassung die Beweglichkeit auf der operierten Seite im Schultergelenk noch mäßig bis deutlich eingeschränkt. Es fanden sich besonders Bewegungseinschränkungen der Innenrotation sowie der Abduktion.

Bei einem Patienten (Nr. 60) trat 2 Wochen nach der Entlassung eine transiente Radialisschwäche auf, die sich jedoch im Verlauf von 7 Monaten spontan zurückbildete.

Ob wesentliche bleibende Schultersteifen oder Bewegungseinschränkungen im Bereich der Schultergelenke als Dauerfolgen der Oberarm-Bündelnagelungen bzw. der Oberarmfraktur zurückblieben, konnte auf Grund der vorliegenden Krankenblattunterlagen nicht sicher festgestellt werden, da weitere ambulante Vorstellungen der Patienten im überwiegenden Teil nicht mehr erfolgten.

### 13. Nägelentfernung

Bei allen 6 in der Orthopädie Kutzberg durchgeführten Bündelnagelungen wurde auch die Nägelentfernung wieder in Kutzberg durchgeführt.

Die durchschnittliche Dauer zwischen der Bündelnagelung und der Nagelentfernung bei den Oberarmfrakturen bzw. der Oberarm-Pseudarthrose und der Nagelentfernung betrug 7,9 Monate (5,6 bis 9,9 Monate).

Bei allen 6 Patienten verlief die Bündelnagelentfernung komplikationslos. Auch die anschließende Wundheilung verlief bei sämtlichen Patienten ohne Störungen. Bei einem Patienten (Fall Nr. 58) konnte die Entfernung der Bündelnägel in Lokalanästhesie ambulant durchgeführt werden.

Auf Grund der bei der Nagelentfernung erhobenen klinischen und röntgenologischen Befunde wurde davon ausgegangen, daß eine ausreichende knöcherne Festigkeit der Fraktur bzw. der Pseudarthrose

vorlag. Dabei muß jedoch rückblickend bei dem Patienten Nr. 61 im Hinblick auf den weiteren Verlauf (genaue Beschreibung siehe Seite 69/70) angenommen werden, daß bei der Bündelnagelentfernung 7 Monate nach der Nagelung weiterhin eine Pseudarthrose vorlag, die jedoch nicht erkannt wurde. Bei den anderen 5 Patienten mit frischen, geschlossenen Oberarmfrakturen war eine völlige knöcherne Heilung bei der Nagelentfernung gegeben.

Bei 4 Patienten war der Entlassungsbefund nach der Bündelnagelentfernung völlig unauffällig, es fand sich eine freie Beweglichkeit im entsprechenden Schulter- und Ellenbogengelenk.

Bei einem Patienten (Fall Nr. 56) war die Beweglichkeit im Ellenbogengelenk bei der Entlassung noch endgradig bewegungseingeschränkt, hier war jedoch gleichzeitig mit der Bündelnagelentfernung auch die Plattenentfernung an der Ulna bei gleichzeitiger Ulnafraktur durchgeführt worden. Auch die Schultergelenksbeweglichkeit war bei diesem Patienten bei der Entlassung endgradig behindert, hier muß jedoch ebenfalls berücksichtigt werden, daß postoperativ nach der Bündelnagelung nach einer Latenzzeit von 4 Wochen ein Thorax-Armgipsverband für die Dauer von ca. 10 Wochen angelegt worden war, woraus die bleibende Bewegungseinschränkung im linken Schultergelenk aller Wahrscheinlichkeit nach resultierte.

Bei dem Patienten mit der transienten Radialisparese (Fall Nr. 60) fanden sich bei der Bündelnagel-Entfernung 10 Monate nach der Bündelnagelungs-Operation keinerlei neurologische Auffälligkeiten mehr, die Radialisparese hatte sich wieder vollständig zurückgebildet.

Auf die Fallbeschreibung des Patienten Nr. 61 kann hier verzichtet werden, diese erfolgte bereits ausführlich auf Seite 69/70. Bei der Bündelnagelentfernung 8 Monate nach der Bündelnagelung war davon ausgegangen worden, daß stabile Knochenverhältnisse vorliegen würden und die Pseudarthrose verheilt wäre. Der Entlassungsbefund ergab hier eine leichte Bewegungseinschränkung im Ellenbogengelenk (Streckdefizit von  $15^0$ , Beugung  $110^0$ ), das Schultergelenk war nicht wesentlich bewegungseingeschränkt. Die Röntgenkontrollen bei der Entlassung nach der Bündelnagel-Entfernung beschrieben eine ausreichend

feste Fraktur bei guter Callusbildung. Der Biegungskeil schien proximal am Humerus knöchernen Anschluß gefunden zu haben, möglicherweise teilweise auch distal. Es wurde ein Varusknick von  $155^{\circ}$  sowie eine leichte Antekurvations-Fehlstellung beschrieben. Der weitere Verlauf dieses Falles ergab jedoch retrospektiv, daß sicherlich auch bei der Bündelnagel-Entfernung weiterhin eine Pseudarthrose vorlag.

Die Dauer des stationären Aufenthaltes betrug bei der Bündelnagel-entfernung im Oberarmbereich durchschnittlich 16,6 Tage (12 bis 25 Tage). Dieser Wert resultiert aus der Aufenthaltsdauer von 5 Patienten, bei denen die Bündelnagel-Entfernung stationär durchgeführt wurde. Wie bereits früher erwähnt wurde, wurde bei einem Patienten (Nr. 58) die Bündelnagel-Entfernung ambulant in Lokalanästhesie durchgeführt.

Sonstige stationäre Behandlungen, welche in direktem Zusammenhang mit der Oberarm-Nagelung standen, waren bei den behandelten 6 Patienten nicht erforderlich.

#### D. Unterarm

Einleitend muß hier bemerkt werden, daß es sich bei sämtlichen hier aufgeführten Patienten nicht um eine Bündelnagelung im eigentlichen Sinne mit einer Auffüllung und vollständigen Stabilisierung der Markhöhle mit Bündelnägeln handelt, sondern daß nur jeweils eine Markraum-Schienung des Radius bzw. der Ulna mit jeweils maximal einem Bündelnagel durchgeführt wurde. Diese Fallbeschreibungen wurden trotzdem in die Auswertung hineingenommen, da es sich ebenfalls um den Einsatz von Bündelnägeln handelt, wenn auch nicht zur Stabilisierung der entsprechenden Fraktur, sondern zur Fixierung.

Die Darstellung der Verteilung der Patienten im Hinblick auf das Geschlecht, das Alter, die Unfallart und den Beruf erfolgte bereits in Abschnitt III.

## 1. Unfallentstehung

Über die Art und Weise der Unfallentstehung sowie über die Tätigkeit der Verletzten während des Unfalles gibt folgende Tabelle 50 Aufschluß.

| Tätigkeit der Verletzten<br>zum Unfallzeitpunkt                    | Zahl der<br>Unterarmfrakturen |
|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Landwirtschaftlicher Unfall<br>(in Kartoffelerntemaschine geraten) | 1                             |
| Verkehrsunfall<br>(von Fahrzeug angefahren worden)                 | 2                             |
| Fahrradsturz                                                       | 1                             |
| Häuslicher Sturz                                                   | 1                             |
| Sportunfall                                                        | 1                             |
| Gesamt                                                             | <hr/> 6                       |

Tabelle 50 - Unfallart der Unterarmbrüche

## 2. Bruchart und Lokalisation

Bei den 6 Unterarmfrakturen waren in sämtlichen Fällen geschlossene und nicht komplizierte Frakturen vorhanden.

Bei 4 verunfallten Patienten waren frische Frakturen gegeben, in einem auswärtig mit einem Bündelnagel versorgten Fall (Nr. 64) war zunächst nach der frischen Fraktur ein konservativer Behandlungsversuch unternommen worden, 6 Wochen später wurde jedoch ebenfalls auswärtig wegen der schlechten Stellung der Fraktur eine blutige Reposition und Stabilisierung mit einem Bündelnagel durchgeführt. Bei einem weiteren Verletzten (Nr. 67) bestand eine Pseudarthrose der Ulna, die ebenfalls auswärtig vorbehandelt wurde.

Die Art der Frakturen - es handelte sich sämtlich um Einspaltbrüche, Trümmerbrüche wurden nicht behandelt - verteilte sich mit Einschluß der Pseudarthrose folgendermaßen:

|                           |   |
|---------------------------|---|
| Querbruch Radius und Ulna | 4 |
| Querbruch nur Radius      | 1 |
| kurzer Schrägbruch Radius | 1 |

Bei der Pseudarthrose (Nr. 67) handelte es sich primär um einen kompletten Querbruch des Unterarmes sowohl des Radius wie auch der Ulna.

Im Unterarmbereich wurden die Frakturen nach ihrer Lokalisation in den verschiedenen Dritteln des Knochens unterteilt. Die Aufteilung der verschiedenen Brucharten auf die entsprechenden Unterarmabschnitte geht aus Tabelle 51 hervor.

| Lokalisation       | Querbruch<br>Radius und Ulna | Querbruch<br>Radius | Schrägbruch<br>Radius |
|--------------------|------------------------------|---------------------|-----------------------|
| proximales Drittel | -                            | 1                   | -                     |
| mittleres Drittel  | 2                            | -                   | 1                     |
| distales Drittel   | 2                            | -                   | -                     |

Tabelle 51 - Verteilung der Bruchart auf die entsprechenden Unterarmabschnitte

Auf der Abbildung X ist nochmals übersichtlich die Aufteilung der verschiedenen Frakturarten und deren Lokalisation in den betreffenden Unterarmabschnitten dargestellt.

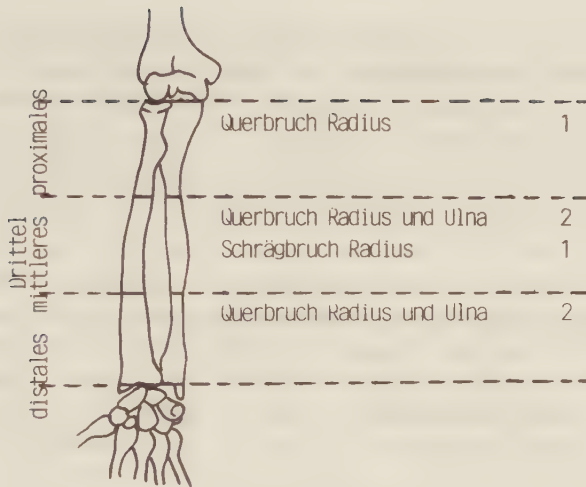


Abb. X - Lokalisation der Unterarmfrakturen

### 3. Indikationsgrad

Auf die genaue Erläuterung des Indikationsgrades bei den Unterarmfrakturen kann hier verzichtet werden, da in keinem behandelten Fall eine korrekte Bündelnagelung mit Auffüllung der Markhöhle mit Bündelnägeln durchgeführt wurde. Bei den einzelnen Patienten wurde der sonst übliche Indikationsgrad nicht in Betracht gezogen, es erfolgten lediglich mit Hilfe des Bündelnagels stabilisierende Maßnahmen.

### 4. Präoperative Frakturstellung und Dislokationsgrad

Da - wie erwähnt - keine korrekten Bündelnagelungen im Unterarmbereich erfolgten, wurde auf ein genaues Ausmessen der präoperativen Winkelfehlstellungen verzichtet. Es soll hier nur eine kurze Darstellung der präoperativen Achsenfehlstellung in den Einzelfällen erfolgen:

Patient Nr. 62, 11 Jahre, männlich: Bei dem Jungen lag röntgenologisch präoperativ eine deutliche Dislocation cum contractione in beiden Ebenen vor. Im Seitenbild fand sich eine Verschiebung der peripheren Fragmente nach der Streckseite um ca. Schaftbreite. In der a.p.-Aufnahme zeigte sich eine deutliche Rotationsfehlstellung. Es war auch eine mäßige dorsale Knickbildung der Ulna und des Radius vorhanden.

Patient Nr. 63, 21 Jahre, männlich: Hier fanden sich auf dem seitlichen Röntgenbild weitgehend achsengerechte Frakturverhältnisse, auf dem a.p.-Bild zeigte sich eine Abknickung des distalen Fragmentes von ca.  $10^0$  nach radial, zusätzlich Verschiebung um ca.  $2/3$  Schaftbreite, gleichzeitig ergab sich eine Verkürzung des rechten Radius um ca. 1 cm bei Schrägfraktur des Radius am Ende des mittleren Drittels.

Patient Nr. 64, 7 Jahre, weiblich: Hier handelte es sich um den auswärts mit einem Bündelnagel operativ versorgten Fall, der zunächst ca. 6 Wochen konservativ behandelt wurde, ehe wegen einer starken Fehlstellung die Bündelnagel-Schienung des Radius durchgeführt wurde. Es war primär eine Querfraktur des Radius und der Ulna ca. 2 Querfinger proximal des Handgelenkes vorhanden. In der Orthopädie Kutzenberg wurde nur die Bündelnagel-Entfernung durchgeführt, es zeigte sich dabei vor der Bündelnagel-Entfernung auf dem Röntgen-a.p.-Bild eine Radiusabknickung nach ulnar, auf dem Seitenbild war das distale Fragment deutlich nach dorsal abgekippt.

Patient Nr. 65, 11 Jahre, männlich: Es handelte sich bei diesem Patienten um einen kompletten Unterarm-Querbruch ca. 3 Querfinger proximal des Handgelenkes. Präoperativ fand sich röntgenologisch eine deutliche Abknickung der Fragmente nach dorsal, wobei die Radiusfragmente um ca. Schaftbreite verschoben waren. Auf dem a.p.-Bild zeigte sich lediglich eine Verschiebung der Radiusfragmente um ca. Corticalisbreite, sonst bestand keine stärkere Fehlstellung.

Patient Nr. 66, 32 Jahre, männlich: Bei diesem Verletzten lag eine Querfraktur des Radius ca. 3 Querfinger distal des Radiusköpfchens im proximalen Drittel des Radius vor. Die seitlichen Röntgenbilder

zeigten eine Dislokation des proximalen Fragmentes nach beugeseitig um ca. 1/2 Schaftbreite, auf den a.p.-Röntgenaufnahmen zeigte sich das distale Fragment nach ulnar um ca. 15° abgelenkt.

Patient Nr. 67, 36 Jahre, weiblich: Bei der Patientin lag ein landwirtschaftlicher Unfall mit kompletter Unterarmfraktur rechts im mittleren Drittel mit erheblicher Verschiebung der Fragmente vor. Die primären Röntgenbilder vom Unfall lagen in der Orthopädie Kutzenberg nicht vor. Die Fraktur war zunächst mit einem Oberarm-Gipsverband insgesamt 5 Monate auswärtig ruhiggestellt worden. Wegen einer Pseudarthrosen-Bildung der Elle wurde dann insgesamt 6 Monate nach dem Unfall ein Kirschnerdraht eingebracht, der jedoch ebenfalls nicht zu der erwarteten Knochenheilung an der Elle führte. Vor der Operation in der Orthopädie Kutzenberg, die 7 Monate nach dem primären Unfall durchgeführt wurde, fand sich röntgenologisch eine erhebliche volare Abknickung im Pseudarthrosenbereich an der Ulna, weniger im Bereich des knöchern fest verheilten Radius. Auf den a.p.-Bildern zeigte sich präoperativ eine erhebliche radiale Deviation der distalen Unterarmfragmente mit auch klinisch deutlich erkennbarer Knickbildung.

## 5. Nebenverletzungen

Bei keiner der in der Orthopädie Kutzenberg mit Bündelnägeln geschienten Unterarmfrakturen bestanden weitere Nebenverletzungen. Insbesondere wesentliche Weichteil- oder Nervenläsionen lagen gleichzeitig in keinem Falle vor.

## 6. Vorbehandlung

Bei 2 Patienten wurde keinerlei Vorbehandlung durchgeführt, diese gelangten in der Orthopädie Kutzenberg sofort zur Operation (Fall Nr. 62, Nr. 66).

Bei den 4 anderen Patienten wurden zunächst präoperativ stabilisierende Gipsverbände mit dem Versuch der konservativen Behandlung angelegt (Dauer der präoperativen Oberarm-Gipsbehandlungen zwischen 12 Tagen und 5 Monaten). Von diesen 4 Patienten mit prä-

operativen Gipsverbänden wurden 2 auswärtig behandelt (Fall Nr. 64 und Fall Nr. 67). Der zuletzt genannte Patient wurde dann auch auswärts voroperiert. In diesem Fall Nr. 67 wurde wegen einer Pseudarthrose der Elle 6 Monate nach dem Unfall eine Kirschner-Draht-Spickung durchgeführt, die jedoch ebenfalls nicht zu einer knöchernen Heilung führte. Diese Patientin wurde nochmals in der Orthopädie Kutzenberg reoperiert, es wurde eine absteigende Ulna-schienung mit Bündelnagel durchgeführt.

Einen Überblick über die erfolgten präoperativen Vorbehandlungen gibt nochmals die folgende Tabelle Nr. 52.

| Vorbehandlung                      | in Kutzenberg | auswärtig |
|------------------------------------|---------------|-----------|
| Keine                              | 2             | -         |
| Konservativ (Oberarmgips)          | 2             | 2         |
| Operativ (Kirschner-Drahtspickung) | -             | 1         |

Tabelle 52 - Durchgeführte Vorbehandlungen bei den Unterarmfrakturen

## 7. Operationszeitpunkt

Von den 5 in der Orthopädie Kutzenberg Bündelnagelgeschienten Unterarmfrakturen gelangten 2 Fälle am Unfalltag zur operativen Versorgung (Fall Nr. 62, Nr. 66). Weitere 2 Patienten wurden am 12. bzw. am 13. Tag Bündelgenagelt (Fall Nr. 63, Nr. 65), der 6. auswärtig mit Bündelnägeln versorgte Patient wurde 40 Tage nach dem Unfall in einem auswärtigen Krankenhaus operiert. Der Patient mit der Pseudarthrose wurde erst 7 Monate nach dem Unfall nach einer bereits vorher erfolgten Kirschnerdraht-Fixation operativ mit einer Bündelnagel-Schienung versorgt.

## 8. Operationsverlauf

Hier muß nochmals betont werden, daß es sich bei sämtlichen hier aufgeführten 6 Patienten nur um Markraumschienenungen der Ulna bzw. des Radius mit jeweils einem Bündelnagel handelte, nicht um

lege artis ausgeführte Bündelnagelstabilisierungen. Die Bündelnägel wurden jedoch wie bei der normalen von Hackethal vorgeschlagenen Technik im Unterarmbereich eingebracht, d.h. im Bereich der Elle absteigend, im Bereich der Speiche aufsteigend.

Dabei wurde bei den Ulnaschienungen (Fall Nr. 62, 65 und 67) ein kleiner Hautschnitt über dem proximalen Olecranonende angelegt, anschließend wurden die Bündelnägel nach Anlegen eines kleinen Knochenfensters über dem proximalen Olecranonende eingebracht.

Anschließend erfolgte gleichzeitig bei einem Patienten (Nr. 62) die aufsteigende Speichennagelung, wobei die Speiche von der Dorsalseite der Metaphyse her distal eröffnet wurde und dann der Bündelnagel von distal her in die Speiche eingeschlagen wurde. Bei 3 Patienten (Nr. 63, Nr. 64 und Nr. 66) erfolgte nur die Schienung der Speiche in diesem Sinne.

Die normalerweise sonst durchgeführte Stauchung entfiel natürlich bei diesen Schienungen. Der Eingriff erfolgte in sämtlichen Fällen in Blutleere. Postoperativ wurde bei sämtlichen Fällen ein elastischer Verband angelegt und Röntgenkontrollbilder in 2 Ebenen angefertigt.

Die Reposition der Fraktur erfolgte bei 3 Patienten manuell (Fall Nr. 62, Nr. 63 und Nr. 66). Bei dem auswärtig genagelten Patienten (Nr. 64) wurde eine offene Reposition des Radius durchgeführt. Bei dem Patienten Nr. 65 wurde zunächst eine geschlossene absteigende Ulnanagelung durchgeführt, anschließend erfolgte die blutige Reposition der gleichzeitig vorhandenen Radiusfraktur und deren Fixation mit 2 gekreuzten Kirschnerdrähten. Bei dem Patienten mit der Pseudarthrose (Nr. 67) wurde zunächst versucht, die Ulna geschlossen absteigend mit einem Bündelnagel zu schienen, es gelang jedoch nicht, den Bündelnagel über den Frakturspalt in das distale Fragment vorzuschieben, der Nagel wich seitlich ab. Die Ulna-Pseudarthrose mußte ebenfalls freigelegt werden und eine offene Reposition mit Aufbohrung der Markhöhle durchgeführt werden.

Pro frakturierter Unterarmknochen wurde 1 Bündelnagel verwendet, bei dem Patienten Nr. 62 wurde jeweils 1 Bündelnagel in den Radius und 1 Bündelnagel in die Ulna eingebracht.

Intraoperative bzw. sofortige postoperative Komplikationen traten bei keinem der operierten Patienten auf. Lediglich in dem beschriebenen Fall Nr. 67 gab es bei dem Vorschlagen des Nagels Schwierigkeiten, so daß eine Freilegung der Ulna am Pseudarthrosenspalz vorgenommen werden mußte.

#### 9. Postoperative Frakturstellung und Stabilität

Bei 4 Patienten fand sich postoperativ eine weitgehend achsengerechte Stellung ohne Diastase. Bei dem auswärtig behandelten Patienten (Fall Nr. 64) ergab sich postoperativ eine deutliche Fehlstellung mit Radiusabknickung nach ulnar und Abkippung der distalen Ulna und Radiusfragmente nach dorsal. Insgesamt war hier keine gute Stellung vorhanden.

Auch bei dem Pseudarthrosenfall Nr. 67 wurde keine wesentliche Besserung der präoperativ vorhandenen schlechten Stellung erreicht.

Übungsstabilität war naturgemäß wegen der nur erfolgten Schienung in keinem Fall gegeben.

#### 10. Postoperativer Verlauf

##### a. Zusätzliche Fixation

Bei sämtlichen Patienten wurden postoperativ immobilisierende Gipsverbände angelegt. Dabei wurden 4 Patienten (Nr. 62, Nr. 63, Nr. 65 und Nr. 67) mit Oberarmgipsen behandelt (Immobilisationsdauer zwischen 7 und 10 Wochen). Der auswärtig genagelte Patient (Nr. 64) wurde mit einem Unterarm-Gipsverband 4 Wochen lang fixiert. Bei dem Patienten Nr. 66 erfolgte ebenfalls die Immobilisation mit einem Unterarmgips, wegen einer zunächst drohenden Pseudarthrosegefahr jedoch 12 Wochen lang.

##### b. Infektionsprophylaxe

Bei 2 Patienten, die in Kutzenberg behandelt wurden, erfolgte keine medikamentöse Nachbehandlung, insbesondere keine Antibiotika-

Prophylaxe. Bei den auswärtig operierten Patienten lagen keine Angaben über die postoperative medikamentöse Behandlung vor. Bei den übrigen 3 Patienten wurden Breitspektrum-Antibiotika bzw. Tetracycline für die Dauer von 6 - 20 Tage verwendet.

#### c. Medico-mechanische Nachbehandlung

Spezielle krankengymnastische Nachbehandlung wurde in keinem Fall durchgeführt. Die Patienten wurden zu selbsttätigen aktiven Bewegungsübungen sowie Muskelgymnastik nach der Gipsabnahme angehalten.

#### d. Postoperative Komplikationen

Bei keinem der operierten Patienten mit Unterarmfrakturen traten postoperative Komplikationen auf. Die Wundheilung verlief bei allen Fällen ungestört. Nervenschädigungen fanden sich postoperativ nicht. Auch die Pseudarthrose (Fall Nr. 67) kam zur Ausheilung, wenn auch in nicht befriedigender Stellung.

### 11. Dauer des Klinikaufenthaltes

Die stationäre Aufenthaltsdauer bei den 6 behandelten Unterarmfrakturen betrug im Mittel 21 Tage (5 bis 39 Tage). Rechnet man nur die postoperativen Aufenthaltstage, dann ergibt sich im Mittel eine Aufenthaltsdauer von 16,8 Tagen (4 bis 27 Tage). Die Entlassung der Patienten erfolgte somit durchschnittlich am 17. postoperativen Tag.

### 12. Befund bei Entlassung

Sämtliche Patienten wurden mit immobilisierenden Gipsverbänden - entweder Ober- oder Unterarmgipsverbänden - entlassen. Die weitere Behandlung erfolgte ambulant, der Patient Nr. 64 wurde in einem auswärtigen Krankenhaus behandelt.

### 13. Nägellentfernung

Bei allen 6 mit Bündelnägeln versorgten Unterarmfrakturen wurde die Nägellentfernung in der Orthopädie Kutzenberg durchgeführt.

Die durchschnittliche Dauer zwischen der Bündelnagelung und der Nägellentfernung betrug dabei 22,8 Wochen (8 bis 77 Wochen). Dabei muß die späte Entfernung des Bündelnagels bei dem Pseudarthrosenfall erst 77 Wochen nach der Operation berücksichtigt werden.

Bei allen 6 behandelten Patienten verlief die Bündelnagel-Entfernung komplikationslos. Auch die anschließende Wundheilung verlief bei allen Patienten ohne Störungen.

Bei der Entfernung der Bündelnägel lag bei allen Patienten eine völlige knöcherne Festigkeit der frakturierten Knochen sowie auch der Pseudarthrose vor.

Bei der Entlassung nach der Bündelnägellentfernung bzw. bei der Entfernung zeigte der klinische Befund bei 2 behandelten Patienten (Fall Nr. 62 und Nr. 63) keine Bewegungseinschränkungen im Ellenbogen- bzw. im Handgelenk. Bei weiteren 3 Patienten (Fall Nr. 64, Nr. 65 und Nr. 66) ergaben sich leichte Bewegungseinschränkungen im Handgelenk, die jedoch insgesamt das Maß von 1/3 Bewegungsbehinderung nicht überschritten. Bei dem behandelten Patienten mit der Pseudarthrose fand sich nach der Entfernung des Bündelnagels eine deutliche Bewegungsbehinderung im Handgelenk von ca. 1/2, gleichzeitig war auch die Supination und die Pronation stark eingeschränkt. Die grobe Kraft im Arm und in der Hand war deutlich vermindert.

Die Dauer des stationären Aufenthaltes betrug bei den Bündelnagellentfernungen im Unterarmbereich durchschnittlich 11,2 Tage (3 bis 27 Tage). Dieser Wert resultiert aus der Aufenthaltsdauer von 4 Patienten bei denen die Entnagelung stationär durchgeführt wurde. Dabei wurde bei dem Patienten Nr. 67 eine 27 Tage dauernde stationäre Nachbehandlung mit krankengymnastischer Übungstherapie durchgeführt. Bei 2 Patienten (Nr. 63 und Nr. 65) konnte die Nägellentfernung in Lokalanästhesie ambulant durchgeführt werden.

Sonstige stationäre Behandlungen, welche im direkten Zusammenhang mit der Unterarmnagelung standen, sind bei den behandelten 6 Patienten nicht bekannt.

## V. ZUSAMMENFASSUNG UND BEURTEILUNG

In dieser Arbeit wird über die Verwendung des Bündelnagels in der orthopädischen Abteilung des Bezirkskrankenhauses Kutzenberg seit November 1963 bis zum Juni 1977 berichtet. In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle wurde die Bündelnagelung in typischer Weise nach der von Hackethal angegebenen Methode im Bereich des Oberschenkels, des Unterschenkels und des Oberarmes durchgeführt, im Bereich des Unterarmes wurde in Einzelfällen eine Schienung der Markhöhle mit einzelnen Bündelnägeln bei Frakturen bzw. Pseudarthrosen vorgenommen. Bei den mit Bündelnägeln versorgten Frakturen handelte es sich zu ca. 3/5 um Unterschenkelfrakturen (59,7 %), in 22,5 % der Fälle um Oberschenkelbrüche bzw. deren Folgen und Umstellungsosteotomien und zu jeweils 8,9 % um Oberarmbrüche bzw. Unterarmbrüche und deren Folgen. An erster Stelle bei der Unfallart stehen die Verkehrsunfälle, nachfolgend Sportunfälle. Es wurden vorwiegend frische Frakturen mit Bündelnägeln versorgt, in Einzelfällen auch Pseudarthrosen, im Oberschenkelbereich auch Osteotomien.

Bei der Indikationsstellung für die Bündelnagelung wurden vorwiegend Brüche berücksichtigt, die mindestens mit Wahrscheinlichkeit übungstabil zu versorgen waren (Indikationsgrad I - III nach Hackethal). Nur in Einzelfällen wurde im Unterschenkelbereich auch bei Indikationsgrad IV und 0 (4 Patienten) und im Oberschenkelbereich bei 1 Patienten mit Indikationsgrad 0 eine Bündelnagelung durchgeführt.

Durch die Bündelnagelung bzw. die Bündelnagelschienung konnte eine erhebliche Verbesserung der präoperativen Frakturstellung und Dislokationsgrade erreicht werden, was aus den jeweiligen Abschnitten A, B und C Nr. 4 im Vergleich zur Nr. 9 der entsprechenden Abschnitte hervorgeht. Wesentliche Fehlstellungen über 5 Grad ergaben sich in Bezug auf die Dislocatio ad axim wie auch auf die Dislocatio ad peripheram postoperativ nur bei wenigen Patienten im Unterschenkel-, Oberschenkel- und Oberarmbereich (insgesamt weniger als 15 %).

Ein Versuch der Vorbehandlung wurde bei über der Hälfte der Patienten überwiegend konservativ vorgenommen (55,2 % der Fälle), der Entschluß zur Bündelnagelung bzw. zur Bündelnagelschienung der entsprechenden Fraktur wurde nur in nicht ganz der Hälfte der Fälle (44,8 %) bei sämtlichen Extremitätenbrüchen und deren Folgen sofort gefaßt.

Der Operationszeitpunkt lag bei ca. der Hälfte der Patienten noch innerhalb der ersten Woche nach dem Unfall (genau bei 49,2 % der Fälle), die andere Hälfte der Knochenverletzten wurde erst später mit Bündelnägeln operativ versorgt.

Der Operationsverlauf gestaltete sich bei der überwiegenden Zahl der Patienten (ca. 4/5) in typischer Weise nach der von Hackethal angegebenen Methode mit vollapparativer geschlossener Reposition. Nur bei 18 % der Patienten mußte eine blutige bzw. offene Reposition durchgeführt werden, bzw. erfolgte keine vollapparative Reposition. Technische Operationsfehler traten bei sämtlichen in Kutzberg durchgeführten Bündelnagelversorgungen in 7,4 % der Fälle auf, jedoch nur im Unterschenkel- und Oberschenkelbereich (insgesamt bei 5 Patienten). Es handelte sich dabei um Fehlnagelungen bzw. um Markraumsprengungen. Bei 2 Patienten mit Unterschenkelbündelnagelungen traten intra- bzw. sofortige postoperative Nervenlähmungen im Sinne einer Peroneusparese auf.

Volle postoperative Stabilität war bei 59,8 % der mit Bündelnägeln versorgten Fälle gegeben, bei 7,4 % sämtlicher in Kutzberg behandelten Patienten war eine Teilstabilität vorhanden, 32,8 % der Fälle mußten postoperativ zusätzlich mit Gipsverbänden oder Schienen fixiert werden, hier war keine Übungsstabilität gegeben. Die relativ

hohe Anzahl der instabil versorgten Frakturen ist sowohl auf die erfolgten Markraumschienenungen im Unterarmbereich zurückzuführen - hier wurde von vornherein auf eine übungsstabile Versorgung verzichtet - als auch auf eine mangelnde Erfahrung des Operateurs zurückzuführen (dies geht aus den technischen Angaben über die Nagelungen aus den Krankenblattunterlagen hervor), insbesondere wurden bei den instabil versorgten Frakturen zu wenige Bündelnägel in den Knochen eingebracht.

Zu der medicomechanischen Nachbehandlung in Kutzenberg muß angemerkt werden, daß spezielle krankengymnastische Maßnahmen nur in Einzelfällen erfolgten, auf Grund personeller Besetzung war eine krankengymnastische Nachbehandlung in den Jahren 1963 bis 1967 nur in einem kurzen Zeitraum in Einzelfällen möglich. Die Infektionsprophylaxe wurde postoperativ in einem Teil der Fälle antibiotisch durchgeführt, osteomyelitische Komplikationen traten jedoch bei keinem der mit Bündelnägeln versorgten Patienten postoperativ auf. Eine resultierende Pseudarthrose ergab sich bei 2 von 67 mit Bündelnägeln versorgten Frakturen (4,9 %), bei 1 Fall (Unterschenkelfraktur mit gleichzeitig erfolgter Fibularesektion) ergab sich eine bleibende Nervenschädigung im Sinne einer Peroneusparese (1,4 % der behandelten Fälle).

Die relativ lange Dauer des klinischen Aufenthaltes besonders bei den Unterschenkel- und Oberschenkelfrakturen war durch mehrere Faktoren bedingt: Die Patienten wurden besonders im Bereich der Frakturen der unteren Extremitäten meistens bis zur vollen Belastungsstabilität der Frakturen stationär behandelt, wobei die Belastung nur vorsichtig nach entsprechender weitgehender röntgenologischer Konsolidierung erlaubt wurde. Andererseits wurde - wie vorher ausgeführt - in einer großen Zahl der Fälle entsprechende präoperative längere Vorbehandlung durchgeführt. Zum dritten beinhaltet die Auswertung auch eine relativ große Anzahl von Patienten mit Pseudarthrosen bzw. verzögerter Knochenheilung.

Die Bündelnagelentfernung wurde bei der Mehrzahl der Patienten - wie in der allgemeinen Technik empfohlen - vor dem Ablauf von 15 Monaten postoperativ vorgenommen. Dabei ergaben sich keine wesentlichen Komplikationen.

Abschließend beurteilend können die Vorteile der Bündelnagelung auf Grund der auch in der Orthopädie Kutzenberg gewonnenen Erkenntnisse folgendermaßen nochmals zusammengefaßt werden:

1. Eine Eröffnung des Frakturbereiches und Aufbohrung der Markhöhle sind bei der Bündelnagelung in normaler Technik überflüssig, damit werden das Infektionsrisiko verringert sowie zusätzliche Ernährungsstörungen und Stabilitätsverluste der Knochenrinde vermieden.
2. Die grundsätzliche Unterteilung des Eingriffes in eine unsterile Repositionsphase und eine sterile Operationsphase verringert das Operationsrisiko und somit auch das Risiko einer Osteomyelitis.
3. Durch die vollapparative Reposition mit dem Viermastkran läßt sich das Repositionsergebnis genau kontrollieren und die erreichte Stellung halten, die Achsenstellung kann jederzeit intraoperativ mit dem Röntgenbildwandler kontrolliert werden.
4. Während der Operation auftretende Verformungen durch starre Nägel sind mit den einzelnen hintereinander eingebrachten elastischen Bündelnägeln, die sich jeder Markhöhlenform nahezu zwanglos anpassen, nicht zu erwarten.
5. Durch entsprechende Verspreizung der Nagelenden in der distalen Spongiosa wird eine günstige Stabilität, insbesondere auch eine günstige Rotationsstabilität erreicht.
6. Die Nagelung kann von einem seitlichen Knochenfenster aus, das nicht in gefährlicher Nähe des benachbarten Gelenkes liegt, erfolgen.

Es kann nochmals zusammenfassend auch als Folge der ausgewerteten Bündelnagelungen in der orthopädischen Abteilung des Bezirkskrankenhauses Kutzenberg festgestellt werden, daß die Bündelnagelung von Schaftfrakturen bei entsprechender Indikationsstellung neben der Küntscher-Nagelung und der Druckplatten-Verschraubung durchaus auch heute noch Berechtigung hat. Voraussetzung für den Erfolg mit diesem Verfahren ist aber die kritische Abgrenzung, d.h. die Beschränkung auf die Frakturformen und Knochenabschnitte, die nicht zuverlässiger

mit anderen Operationen oder konservativen Maßnahmen versorgt werden können. Auch die genaue Beachtung der angegebenen Technik der Bündelnagelung ist insbesondere in Bezug auf die Zweiphasentechnik von ausschlaggebender Bedeutung.

Insgesamt beweisen auch die in der Orthopädie Kutzberg durchgeführten Bündelnagelungen, daß es sich bei dem Verfahren um eine relativ risikoarme und stabile Nagelung unter weitgehend voller Wiederherstellung von Form und Funktion mit großer Erfolgsicherheit bei entsprechender technischer Ausbildung des Operateurs handelt.

## VI. LITERATURVERZEICHNIS

1. Beck, H.:  
Vollapparative Reposition und Bündel-  
nagelung bei Oberarmschaftbrüchen.  
Auswertung der ersten Behandlungs-  
serie (32 Fälle).  
Langenbecks Arch. Klin. Chir. 302,  
381 - 402 (1963)
2. Beck, H.:  
Versorgung von Schaftfrakturen durch  
Bündelnagelung.  
Chirurg 46, 110 - 113 (1975)
3. Beck, H.:  
Die Bündelnagelung.  
Bericht über unfallmed. Tagung in  
Bayreuth des Landesverbandes Bayern  
der gewerbl. Berufsgen. 131 - 136 (1975)
4. Böhler, L.:  
Technik der Knochenbruchbehandlung.  
12. und 13. Aufl. Wien:  
Wilhelm Maudrich (1953)
5. Böhler, L.:  
Unterschenkschaftbrüche.  
Langenbecks Arch. Klin. Chir. 276,  
192 - 195 (1953)
6. Böttger, G., Strik, W.,  
Mahmoudi, J.:  
Über osteosynthesebedingte Achsenfehl-  
stellungen bei der Versorgung von Unter-  
schenkelbrüchen durch Küntscher-Nagelung.  
Mschw. Unfallheilk. 70, 337 - 341 (1967)
7. Brug, E., Beck H.,  
Dettenkofer, K.:  
Behandlungsergebnis bei 334 Bündel-  
nagelungen des Unterschenkels.  
Chirurg 46, 117 - 120 (1975)

8. Brug, E., Beck, H.,  
Heuwieser, R.: Osteosynthese von Unterarmschaftfrakturen  
mit dem Bündelnagel nach Hackethal.  
Chirurg 46, 113 - 116 (1975)
9. Brug, E., Beck, H.,  
Kraus, G.: Die Operation kindlicher Frakturen langer  
Röhrenknochen mit dem Bündelnagel nach  
Hackethal.  
Zbl. Chir. 100, 466 - 472 (1975)
10. Brug, E., Beck, H.,  
Marschner, R.: Die operative Stabilisierung der Oberarm-  
schaftfrakturen mit dem Bündelnagel nach  
Hackethal.  
Mschr. Unfallheilk. 78, 245 - 253 (1975)
11. Bürkle de la Camp, H.: Fehler und Gefahren der Alloplastik in  
der Knochen- und Gelenkchirurgie.  
Langenbecks Arch. Klin. Chir. 289,  
463 (1958)
12. Hackethal, K.H.: Warum auch noch Bündelnagelung?  
Chirurg 34, 550 - 553 (1963)
13. Hackethal, K.H.: Vollapparative geschlossene Fraktur-  
reposition und percutane Markraumschienung  
bei Kindern.  
Langenbecks Arch. Klin. Chir. 304,  
621 - 626 (1963)
14. Hackethal, K.H.: Die Bündelnagelung.  
Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer (1961)

15. Hofmeister, G.,  
Schweiberer, H.: Die Bündelnagelung bei Unterschenkel- und  
Oberarmfrakturen.  
Zbl. Chir. 92, 2903 - 2913 (1967)
16. Hort, W.: Belastungsstabile Marknagelung oder  
übungsstabile Verplattung der Ober-  
und Unterschenkelschaftfrakturen?  
Aktuelle Chir. 7, 151 - 164 (1972)
17. Koslowski, L., Weller, S.: Tücken der Marknagelung.  
Chirurg 33, 460 - 463 (1962)
18. Küntscher, G.: Praxis der Marknagelung.  
Stuttgart: Schattauer (1962)
19. Maurath, J., Christ, H.,  
Köbler, H.: Untersuchungen über die Stabilität der  
Osteosynthese mit der Bündelnagelung nach  
Hackethal bei Schaftfrakturen.  
Arch. orthop. Unfall-Chir. 56,  
132 - 140 (1964)
20. Müller, M.E., Allgöwer, M.,  
Willenegger, H.: Technik der operativen Frakturbehandlung.  
Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer (1963)
21. Rehn, J.: Die Behandlung der Oberarmschaftbrüche.  
Mschr. Unfallheilk. 75, 469 - 473 (1972)
22. Rueff, F.L., Pelzl, H.: Zur Behandlung der Oberarmschaftbrüche.  
Chirurg 38, 17 - 19 (1967)
23. Sailer, R., Böttcher, J.,  
Kovacicsek, St.: Beitrag zur Behandlung der Oberarmbrüche  
der Erwachsenen.  
Chirurg 40, 221 - 224 (1969)

24. Schnabelmaier, H.,  
Blüml, J.: Korrosion und Metallose bei der Bündel-  
nagelung.  
Langenbecks Arch. Klin. Chir. 310,  
13 - 21 (1965)
25. Schweiberer, L.: Bündelnagelung der Tibia.  
Therapiewoche 43, 3339 - 3340 (1971)
26. Schweikert, C.H.: Marknagelung.  
Therapiewoche 43, 3333 - 3334 (1971)
27. Stöhrer, M., Franke, D.: Nagelosteosynthese distaler extra-  
artikulärer Unterschenkelfrakturen.  
Mschr. Unfallheilk. 75, 312 - 315 (1972)
28. Tscherne, H., Magerl, F.,  
Feischl, P.: Die Marknagelung frischer offener und  
geschlossener Unterschenkelfrakturen.  
Langenbecks Arch. Klin. Chir. 317,  
209 - 211 (1967)
29. Vinz, H.: Die Marknagelung kindlicher Oberschenkel-  
schaftfrakturen.  
Zbl. Chir. 97, 90 - 95 (1972)
30. Vinz, H.: Operative Behandlung von Knochenbrüchen  
bei Kindern.  
Zbl. Chir. 97, 1377 - 1384 (1972)
31. Weber, B.G.: Indikation zur operativen Fraktur-  
behandlung bei Kindern.  
Chirurg 10, 441 - 444 (1967)
32. Weis, J.: Diaphysäre Bündelnagelung per- und sub-  
trochanterer Oberschenkelbrüche.  
Aktuelle Chir. 9, 373 - 378 (1974)



Herrn Medizinalrat Dr. med. Robert Pfeiffer danke ich für die Möglichkeit der Durchführung der Arbeit an seiner Orthopädischen Abteilung des Bezirkskrankenhauses Kutzenberg.

Herr Dr. Pfeiffer ist zwischenzeitlich leider verstorben, ich gedenke seiner hiermit in Dankbarkeit.

Besonders danke ich auch Herrn Professor Dr. med. H. Beck für die Überlassung des Themas und die wertvolle Hilfe bei der Ausarbeitung sowie für die freundliche Unterstützung bei der Abfassung dieser Arbeit und die Übernahme des Referates.

Weiterhin gilt mein Dank Herrn Professor Dr. med. F. P. Gall als Direktor der Chirurgischen Universitätsklinik Erlangen, der die Durchführung dieser Arbeit ermöglicht hat.



## Lebenslauf

Am 3. November 1945 wurde ich als zweites Kind des Chemo-Technikers Wilhelm Krämer und dessen Ehefrau Else, geb. Rockstroh, in Fürth/Bayern, geboren.

Hier besuchte ich die Volksschule und das neusprachliche Helene-Lange-Gymnasium, an welchem ich im Juni 1966 das Abitur bestand. Im Wintersemester 1966 begann ich an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen das Studium der Germanistik. Im Sommersemester 1967 belegte ich dann als Hauptstudienfach Medizin. Nach Ablegen des Vorphysikums und Physikums beendete ich im Frühjahr 1973 das Medizinstudium ebenfalls in Erlangen mit dem Staatsexamen. Seit dem 9. Oktober 1970 bin ich mit Dr. Axel Keilhack verheiratet.

Am 31. 12. 1972 wurde meine Tochter Anja geboren. Meine Medizinalassistentenzeit leistete ich an der Chirurgischen Universitätsklinik von August bis November 1973 und der Medizinischen Poliklinik von Februar bis Mai 1974 ab. Von Juli bis Oktober 1974 war ich in der internistischen Fachpraxis von Herrn Dr. Keilhack in Fürth tätig. Am 6. Februar 1975 erhielt ich die Approbation als Arzt.

Am 30. April 1975 wurde meine Tochter Barbara und am 31. Dez. 1980 meine Tochter Lisa geboren.

Seit Oktober 1977 arbeite ich in der orthopädischen Fachpraxis meines Mannes in Lichtenfels mit.

Waltraud Keilhack





